

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues

Phases 1 et 2

Mars 2017
A87639 version A



Établissement public Loire
2 Quai du Fort Allaume
CS 55708
45057 ORLEANS Cedex



Antea Group
29, avenue Aristide Briand
94 117 ARCUEIL Cedex
01.57.63.14.00
www.anteagroup.fr



Sommaire

	Pages
1. Préambule	5
2. Phase 1 : Capitalisation des connaissances.....	7
2.1. DEFINITION	7
2.2. ANALYSE ET VALORISATION DES ETUDES EXISTANTES	8
2.2.1. Démarche	8
2.2.2. Études « globales » et « locales » consultées	8
2.3. SYNTHÈSE	26
3. Phase 2 : Détermination des éléments de mise en œuvre de la solution « zone d'expansion de crues », en réponse au risque inondation	31
3.1. METHODOLOGIE GLOBALE.....	31
3.2. IDENTIFICATION DES ZONES INONDABLES IMPORTANTES	32
3.2.1. Méthode pour la définition d'un aléa de référence	32
3.2.2. Bilan des données disponibles de zones inondables par région.....	33
3.2.3. Détermination des zones inondables potentielles sur les secteurs non couverts par des TRI, PPRI ou AZI.....	39
3.2.4. Conclusion sur la détermination des zones inondables à l'échelle du bassin versant de la Loire	47
3.3. METHODE DE DETERMINATION ET D'EXPLOITATION DES ENJEUX PRESENTS AU SEIN DES ZONES INONDABLES POTENTIELLES.....	49
3.3.1. Préambule.....	49
3.3.2. Terminologie.....	49
3.3.3. Données traitées et utilisées pour déterminer les enjeux particulièrement vulnérables	50
3.3.4. Zones d'enjeux « plus faibles » économiquement et classables dans la catégorie des futures ZEC.....	51
3.4. IDENTIFICATION DE LA POTENTIALITE DE CHAQUE MAILLE DE FAIRE PARTIE D'UNE ZONE POTENTIELLE D'EXPANSION DES CRUES	53
3.4.1. Étape 1 : Méthodologie de hiérarchisation des mailles de 75 m x 75 m.....	53
3.4.2. Étape 2 : Intégration de l'évolution des territoires et de l'augmentation potentielle de la vulnérabilité.....	55
3.4.3. Étape 3 : Intégration d'enjeux ponctuels	56
3.4.4. Synthèse.....	56
3.5. TENTATIVE DE REGROUPEMENT DES MAILLES DE 75 M ET DE DEFINITION DE ZEC POTENTIELLES	58
3.5.1. Méthode de regroupement des mailles et limites associées à cette échelle	58
3.5.2. Méthode de délimitation des ZEC potentielles et principales caractéristiques associées	59
3.6. TYPOLOGIE DES ZEC POTENTIELLES	60
3.6.1. Homogénéité des ZEC potentielles identifiées	60
3.6.2. Synthèse des différentes configurations de ZEC potentielle	62
3.6.3. Positionnement dans le bassin versant de la Loire	63
3.6.4. Hauteurs d'eau moyennes et maximales dans l'emprise des ZEC potentielles.....	64
3.6.5. Hauteurs d'eau et présence d'enjeux au sein des ZEC potentielles	66
3.6.6. Estimation du volume stockée dans les ZEC potentielles.....	66
3.6.7. Positionnement des ZEC potentielles et hauteurs d'eau.....	66
3.6.8. Positionnement des ZEC potentielles et enjeux	67
3.7. PROLONGEMENT DE LA DEMARCHE A UNE ECHELLE LOCALE SUR UNE DIZAINE DE SITES.....	68

Liste des figures

Sauf indication contraire, les figures sont orientées suivants le nord géographique.

Figure 1 : Secteur d'étude : le bassin de la Loire et ses affluents	6
Figure 2 : Périmètres des études « globales » et « locales »	28
Figure 3 : Localisation des principaux aménagements existants sur le bassin versant	29
Figure 4 : Localisation des principaux aménagements envisagés sur le bassin versant...	30
Figure 5 : Origine de l'aléa de référence inondation utilisé par tronçon de cours d'eau .	33
Figure 6 : Couverture du bassin versant de la Loire avec les données « TRI » et disponibilité des couches aléas associées (sur la base des données Géorisques)	35
Figure 7 : Couverture du bassin de la Loire avec les données de type « PPRI » et disponibilité des zonages associés (sur la base des données issues de GéoRisques et de CartoRisques)	36
Figure 8 : Couverture du bassin versant de la Loire avec les Atlas des Zones Inondables, par source et fréquence (sur la base des données de GéoRisques et CartoRisques)	37
Figure 9 : Ébauche d'une carte d'aléa inondation à l'échelle du bassin de la Loire sur la base des données d'aléa disponibles via Cartorisques et Géorisques ou fournies par l'EP Loire	38
Figure 10 : Cartographie des alluvions dans la base de données BD Lisa	40
Figure 11 : Représentation des données de type « Alluvions » dans la base de données BD Lisa à l'échelle du bassin versant de la Loire	41
Figure 12 : Correspondance sur un même secteur entre les zones inondables issues des données AZI / PPRI et des entités hydrogéologiques figurant dans la BD LISA	42
Figure 13 : Exemple du cas particulier de la Sologne où les entités hydrogéologiques figurant dans la base de données BD Lisa ne sont pas corrélées avec les zones inondables disponibles	43
Figure 14 : Indice topographique de position : classification du paysage	44
Figure 15 : Indice topographique de position : position relative dans la pente	44
Figure 16 : Indice topographique de position : distance verticale au drainage.....	44
Figure 17 : En rouge, secteur de recherche des indices hydrogéologiques et topographiques	45
Figure 18 : Exemple de zone alluvionnaire retenue	46
Figure 19 : Exemple de recherche infructueuse	46
Figure 20 : Indice topographique de position	47
Figure 21 : Origine de l'aléa de référence par tronçon de cours d'eau	48
Figure 22 : Arbre de décision pour l'affectation des notes aux mailles individuelles.....	55
Figure 23 : Exemple de potentialité de ZEC au droit du val d'Authion	57
Figure 24 : Exemple de ZEC potentielle sans enjeux notables	60
Figure 25 : Exemple de ZEC potentielle avec enjeux ponctuels de faible densité	61
Figure 26 : Exemple de ZEC potentielle avec enjeux isolés densément positionnés.....	61
Figure 27 : Exemple de ZEC potentielle avec enjeux urbains de taille significative.....	62
Figure 28 : Exemple de ZEC potentielle en présence des zones urbaines denses	62

Établissement public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des principales études « globales » mises à disposition.....	25
Tableau 2 : Récapitulatif des données utilisées pour définir l'aléa inondation dans le cadre de la présente étude	47
Tableau 3 : Affectation d'une note de valeur de qualité de ZEC en fonction de l'occupation de chaque maille	54
Tableau 4 : Pondération de la note de chaque maille en tenant compte des enjeux stratégiques / sensibles.....	56
Tableau 5 : Notes de potentialité de ZEC associées à chaque maille de 75 m	57
Tableau 6 : Cumul des surfaces totales par classe de surface de ZEC potentielle.....	59
Tableau 7 : Identification des différentes configurations des ZEC potentielles	63
Tableau 8 : Catégorisation des cours d'eau	63
Tableau 9 : Répartition du nombre de ZEC potentielles par classe de surface selon l'ordre du cours d'eau	64
Tableau 10 : Nombre de ZEC potentielles par classes de surface et hauteurs de submersions calculées.....	65
Tableau 11 : Surfaces (ha) de ZEC potentielles par classe et hauteurs de submersions calculées	65
Tableau 12 : Surfaces cumulées (ha) par classes d'enjeux dans les ZEC potentielles, en fonction de la hauteur calculée.....	66
Tableau 13 : Calcul des volumes moyen par classe de surface de ZEC potentielle	66
Tableau 14 : Surfaces cumulées de ZEC potentielles en fonction du positionnement versant dans le bassin et de la hauteur d'eau moyenne.....	67
Tableau 15 : Surfaces cumulées (ha) par classe d'enjeux dans les ZEC potentielles en fonction du positionnement dans le bassin	67

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des principales études consultées	70
Annexe 2 : Glossaire des sigles employés	75
Annexe 3 : Nomenclature de la base de données Corine Land Cover	77

1. Préambule

Depuis plus de 30 ans, l'Établissement public Loire engage des travaux de recherche et de solutions innovantes sur la prévention et la réduction du risque inondation sur le bassin de la Loire et ses affluents. La volonté de « réduire les conséquences négatives des inondations sur les territoires » est d'ailleurs l'un des objectifs clairement annoncés dans le cadre du plan Loire IV.

Dans ce cadre, l'objectif de « préserver ou recréer des zones d'écoulements, des espaces de mobilité et des champs d'expansion de crues » apparaît régulièrement à travers les différents projets et documents tels que le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021, le Plan de Gestion des Risques d'Inondation du bassin (PGRI) Loire-Bretagne 2016-2021 et le Programme Opérationnel Interrégional FEDER Bassin de la Loire 2014-2020.

La création de Zones d'Expansion des Crues (ZEC) telle que définie dans la circulaire du 24 janvier 1994 et du 24 avril 1996 relève donc sur le bassin de la Loire et de ses affluents d'une volonté commune et d'un outil de réponse à la réduction du risque inondation.

De ce constat, l'Établissement public Loire souhaite étudier les possibilités de mise en œuvre et de préservation de ces zones d'expansion de crues sur l'ensemble du bassin versant de la Loire.

La présente étude s'articule en quatre phases :

- **Phase 1** : Capitalisation des connaissances,
- **Phase 2** : Détermination des éléments de mise en œuvre de la solution « zone d'expansion de crues », en réponse au risque inondation,
- **Phase 3** : Anticipation opérationnelle (tranche optionnelle), consistant à décliner plus précisément la démarche sur une dizaine de sites « tests »,
- **Phase 4** : Identification des pistes existantes dans le registre des solutions fondées sur la nature et des infrastructures vertes, en particulier celles contribuant à la réduction du risque inondation.

Le présent document constitue le rapport d'avancement des phases 1 et 2.

Le bassin de la Loire et ses affluents

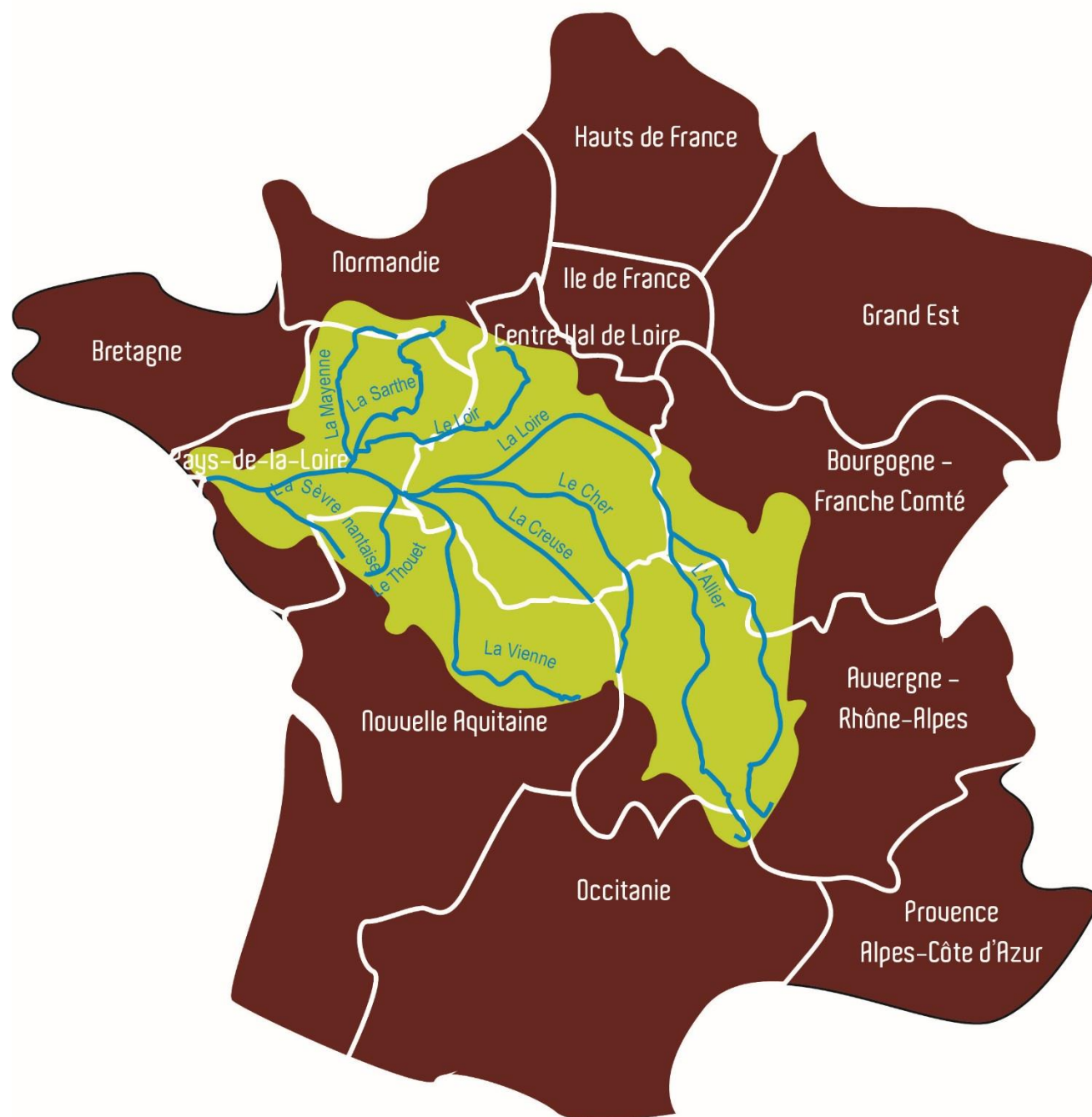


Figure 1 : Secteur d'étude : le bassin de la Loire et ses affluents

2. Phase 1 : Capitalisation des connaissances

2.1. Définition

La circulaire du 24 janvier 1994 relative à la définition des inondations et à la gestion des zones inondables définit la notion de zones d'expansion des crues.

Les zones d'expansion de crue « à préserver » sont les secteurs « non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés » et où les crues peuvent stocker une grande quantité d'eau.

« Elles jouent un rôle déterminant en réduisant momentanément le débit à l'aval, mais en allongeant la durée de l'écoulement. Les crues peuvent ainsi dissiper leur énergie au prix de risques limités pour les vies humaines et les biens. Ces zones d'expansion jouent aussi le plus souvent un rôle important dans la structuration du paysage et l'équilibre des écosystèmes [...]. Il faut aussi éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés. Ces aménagements sont susceptibles d'aggraver les risques en amont et en aval. »

Elle répond à une demande politique avec les objectifs suivants :

- « Interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses où quels que soient les aménagements, la sécurité des personnes ne peut être garantie intégralement et les limiter dans les autres zones inondables,
- Préserver les capacités d'écoulement et d'expansion de crues pour ne pas aggraver les risques pour les zones situées en amont et en aval,
- Sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues et la qualité des paysages souvent remarquables du fait de la proximité de l'eau et du caractère encore naturel des vallées concernées ».

Sous l'angle des co-financements octroyés, en particulier européens (FEDER) :

- la préservation des champs d'expansion de crues consiste à préserver de toute urbanisation :
 - des secteurs susceptibles d'être inondés par débordement de cours d'eau,
 - des secteurs situés au débouché des déversoirs existants,
- la restauration de champs d'expansion de crues consiste :
 - à recréer une zone inondable lors de l'effacement ou la mise en transparence d'une digue,
 - à recréer les cheminements de l'eau dans un val inondable dans le cadre d'un projet d'aménagement ou suite à la création d'un déversoir.

La présente étude a pour vocation d'identifier parmi les zones inondables les zones pas ou peu urbanisés à préserver, restaurer, voire aménager afin de disposer d'espaces de « stockages naturels » des eaux en période de crue afin de réduire le risque inondation.

2.2. Analyse et valorisation des études existantes

2.2.1. Démarche

Les éléments intéressants le risque inondation et les zones d'expansions de crue à l'échelle du bassin de la Loire ou d'un de ses principaux affluents dans le cadre de la présente étude ont été extraits des documents mis à notre disposition, en particulier par l'EP Loire, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et la DREAL de Bassin.

Il s'agit notamment d'identifier les zones inondables, les zones sur lesquelles des aménagements ont été projetés, les zones identifiées pour diminuer les efforts appliqués sur les systèmes d'endiguement (via des déversoirs par exemple), etc.

Pour rappel, cette phase n'a pas pour vocation de réaliser une synthèse de chacun des documents consultés mais bien d'en extraire les éléments intéressant la présente étude. À titre d'exemple, les éléments concernant les projets d'aménagements de protection rapprochée et localisée de type digue ne sont pas traités dans le présent document.

Un regard critique a été apporté lors de la consultation de ces documents. Les informations recueillies ont été croisées au regard des différents documents de manière de s'assurer de leur cohérence. Un certain recul a été pris notamment sur les études les plus anciennes dans la mesure où la vulnérabilité a pu significativement évoluer depuis (des zones identifiées alors comme pouvant servir à l'expansion des crues peuvent parfois être aujourd'hui urbanisées du fait du développement démographique).

2.2.2. Études « globales » et « locales » consultées

La liste des principales études consultées (liste non exhaustive) est présentée en Annexe 1 du présent rapport. Elles y sont classées par ordre alphabétique de l'auteur du document et par année de production.

2.2.2.1. Études « globales »

À titre indicatif, les principales études « globales », réalisées à une échelle importante (la Loire ou l'un de ses affluents principaux), consultées sont les suivantes :

- étude de COMOY de la fin du XIX^{ème} siècle,
- études de l'EPALA des années 1980,
- étude Loire Moyenne des années 1990,
- études dites « 3P » (Prévision, Prévention et Protection) de la Maine, le Loir, l'Allier et la Loire Amont.
- étude dite « PAPILA » (Programme d'Actions de Prévention des Inondations Loire Amont),
- études sur le Cher, la Sarthe et la Sarthe amont,
- etc.

Les principaux éléments intéressants la présente étude issus des principales études « globales » consultées sont synthétisés dans le Tableau 1 ci-après.

On attirera l'attention du lecteur sur le fait que les éléments présentés ci-après sont à replacer dans le contexte de l'étude de laquelle ils sont issus. Pour plus d'information relatives aux hypothèses retenues, méthodologies

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

mis en place, parti pris, contexte global et local, etc., le lecteur est invité à se référer aux documents sources listés en Annexe 1.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
Titre : Etudes sur les inondations de la Loire	<p>Suite aux inondations de 1846 et 1856, l'Empereur Napoléon III prescrit d'étudier les moyens permettant de réduire les dommages causés par les inondations sur les principaux fleuves de France, dont le bassin de la Loire.</p>
Auteur(s) : Mr. COMOY, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées Directeur des Études de la Loire	<p>L'Inspecteur Général COMOY en charge de la mission a analysé diverses solutions envisageables : exhaussement des digues, élargissement du lit endigué, inondation régulière des vals endigués au moyen de déversoirs, exhaussement des digues au droit des centres de population, barrages réservoirs, etc. Pour autant, cette étude n'identifie pas spécifiquement les zones d'expansion des crues au sens de la circulaire du 24 janvier 1994.</p>
Date : Années 1860	<p>De cette étude résulte le programme de travaux de 1867 qui préconise notamment la mise en place de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 85 barrages réservoirs dans les parties supérieures des bassins de la Loire et de l'Allier, • 19 déversoirs en amont des principaux vals protégés de la Loire.
Maitre d'ouvrage : Napoléon III	<p>Pour des raisons hydrologiques, COMOY estimait qu'il n'était pas nécessaire de réaliser des barrages réservoirs sur les bassins des affluents inférieurs : le Cher, l'Indre, la Vienne et la Maine.</p>
Référence : 72[28]	<p>Aucun plan permettant de localiser les 85 barrages réservoirs envisagée n'a pas pu être valorisé.</p> <p>Sur les 19 déversoirs prévus par l'Inspecteur Général COMOY, seuls huit déversoirs ont a priori été construits :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guétin (1870) • Pierrelaye (1867) • Ouzouer (1886) • Jargeau (1882) • Avaray (1887) • Montlivault (1890) • La Chapelle-aux-Naux (1891) • Vieux-Cher (1891) <p>Les oppositions locales des riverains seraient le principal facteur explicatif de l'abandon de plus de la moitié des projets.</p> <p>La localisation des 19 déversoirs issus du programme de travaux de 1867 de l'Inspecteur Général COMOY sont présentés sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p> <p>L'analyse des autres documents mis à notre disposition permet d'avoir un certain recul sur la mise en œuvre de ce programme.</p> <p>On notera que certains de ces déversoirs font aujourd'hui l'objet d'études en vue de leur modification éventuelle. Il s'agit notamment des déversoirs de Jargeau et d'Ouzouer où il est envisagé d'abaisser la cote des fusibles actuels (et de reprendre par ailleurs le système d'endiguement associé). En effet, l'étude ECRIVAL (étude des vals de Loire de l'Orléanais) a mis en évidence que des brèches risqueraient de se produire dans les levées avant la mise en fonctionnement du déversoir.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
	<p>Par ailleurs, on notera que la mise en place de certains déversoirs prévus initialement par l'Inspecteur Général COMOY est de nouveau étudiée. À titre d'exemple, l'étude des vals de Loire dans les départements du Cher et de la Nièvre envisage de nouveau d'aménager des déversoirs en amont des vals de Cours-les-Barres, de la Charité et de Léré.</p> <p>Enfin, on notera que du fait de l'évolution importante de l'urbanisation sur certains vals protégés, la mise en place de déversoirs initialement envisagés par COMOY est très compromise aujourd'hui. On citera notamment le projet de déversoir de Bois-de-l'Isle situé en amont immédiat de la commune de Saint-Denis-en-Val.</p> <p>On retiendra que les projets de déversoirs envisagés constituent des investissements conséquents et sont la plupart du temps associés à des opérations de confortement de digues et/ou de construction de nouveaux systèmes d'endiguement. Ces projets de déversoirs sont d'ailleurs projetés en vue de réduire le risque d'apparition de brèches dans les systèmes d'endiguement des vals protégés et non pas comme ouvrage d'alimentation d'une zone d'expansion des crues.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Programme d'aménagement du bassin de la Loire</p> <p>Auteur(s) : Divers</p> <p>Date : Années 1980</p> <p>Maitre d'ouvrage : Établissement public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents (EPALA)</p> <p>Références : [15], [16], [38], [42], [43], [44], [49], [56], [57] et [60]</p>	<p>Les études dites « EPALA » correspondent à un certain nombre d'études générales menées par l'Établissement public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents (EPALA) sur l'ensemble du bassin versant en vue de réduire le risque inondation. On citera parmi elles les études suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • études des écoulements de la Loire entre Villerest et le Bec d'Allier, • études d'aménagement de la vallée de l'Allier et de la Loire moyenne, • étude de défense contre les inondations des vals entre Orléans et Beaugency, • défense contre les inondations dans la région de Gien, • étude d'écoulement des crues entre le Bec d'Allier et Briare, • étude d'aménagement de la Loire dans la région Angevine, • étude de diagnostic de la vallée du Cher, • étude de la vallée de l'Indre, • aménagement du bassin de la Vienne - Diagnostic de faisabilité de barrages écrêteurs, • étude des protections locales dans le bassin de la Vienne, • étude de défense contre les inondations entre Cinq-mars-la-Pile et Chouzé. <p>Ces différentes études n'identifient pas spécifiquement les zones d'expansion des crues au sens de la circulaire du 24 janvier 1994.</p> <p>Le programme d'action issu de ces études concerne principalement la mise en place de de barrage sur la Loire et ses affluents dont notamment le barrage du Veudre sur l'Allier. La plupart n'ont pas été réalisés compte-tenu de l'importance des impacts négatifs engendrés par les barrages projetés vis-à-vis des bénéfices attendus.</p> <p>Certains de ces ouvrages non réalisés ont été envisagés au niveau de vallées encaissées à forte pente « propices » à la mise en place d'un barrage de « grande hauteur » et non pas pour des zones d'expansion des crues. Cependant, d'autre projet comme celui du barrage du Veudre sur l'Allier présent en amont une plaine alluviale relativement large qui pourrait éventuellement être susceptible d'être aménagée en zone d'expansion des crues via des aménagements plus modestes tels que des levées en travers.</p> <p>Dans une moindre mesure, les études de l'EPALA mentionnent également des projets de relatifs directement à des zones d'expansions des crues potentielles. À titre d'exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'étude de diagnostic de la vallée du Cher évoque un projet de reconnexion du Cher à son ancien lit en aval de la commune d'Audes au niveau du passage de l'autoroute A71, • l'étude d'écoulement des crues entre le Bec d'Allier et Briare définit des secteurs de lit majeur et de bras secondaire de la Loire à restaurer de manière à réduire le risque inondation : <ul style="list-style-type: none"> ○ entre Fourchambault et Marseille-lès-Aubigny, ○ entre Saint-Satur et la-Charité-sur-Loire, ○ au niveau de Cosnes-sur-Loire, • l'étude de la vallée de l'Indre identifie le secteur compris entre Mers-sur-Indre et Azay-sur-Indre come « zone d'amortissement des crues » mais présentant également des agglomérations sensibles telle que Châteauroux. <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Étude de la propagation des crues et des risques d'inondation en Loire moyenne</p> <p>Auteur(s) : Équipe Pluridisciplinaire plan Loire grandeur nature</p> <p>Date : Années 1990</p> <p>Maitre d'ouvrage : État / Agence de l'Eau Loire Bretagne / EP Loire</p> <p>Référence : [37]</p>	<p>L'étude dite « Etude Loire Moyenne » menée par l'équipe pluridisciplinaire du plan Loire Grandeur sur le risque d'inondation en Loire moyenne a été ponctuée par les étapes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • analyse de l'aléa pour des crues de période de retour allant de 50 à 500 ans au Bec d'Allier, • identification et évaluation des enjeux et de leur vulnérabilité, • élaboration et comparaison de scénarios d'amélioration en trois temps : <ul style="list-style-type: none"> ○ apport de l'entretien et de la restauration du lit, ○ amélioration du système de protection, ○ bénéfice supplémentaire de l'ouvrage écreteur du Veudre. <p>L'analyse de l'aléa a notamment permis d'identifier les principales zones inondables ayant une capacité significative sur le secteur de la Loire moyenne alimentées par remous, débordement ou fonctionnement d'un déversoir pour un évènement de période de retour 100 ans. La localisation de ces dernières est présenté sur la Figure 3 au paragraphe 2.3.</p> <p>Cette étude n'identifie pas spécifiquement les zones d'expansion des crues au sens de la circulaire du 24 janvier 1994.</p> <p>Par ailleurs, cette étude conclut notamment sur les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le projet de barrage du Veudre réalisé seul n'apporte pas une réponse suffisante à la réduction du risque inondation attendue, • la mise en place d'une stratégie reposant sur une base d'actions comprenant : <ul style="list-style-type: none"> ○ un renforcement de la capacité de prévision, de prévention et de gestion de la crise, ○ un programme de restauration de la culture du risque, ○ une politique de développement durable des vals inondables, ○ un entretien régulier du lit et des levées de la Loire, • la modification des déversoirs existants ou l'implantation de nouveaux, pour améliorer la sécurité du val et de ses habitants, nécessitent une concertation locale approfondie ainsi qu'un approfondissement des études en cours.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Point de vue extérieur sur la gestion des inondations en Loire moyenne</p> <p>Auteur(s) : Delft Hydraulics</p> <p>Date : 2006</p> <p>Maitre d'ouvrage : EP Loire</p> <p>Références : [30]</p>	<p>Dans la continuité de la réalisation de l'Étude Loire Moyenne, l'Établissement public Loire a demandé à Delft Hydraulics de lui fournir des conseils plus spécifiques sur la manière de gérer les inondations. L'objectif de cette étude a été d'apporter des conseils sur la mise en œuvre de la stratégie de gestion des inondations le long de la Loire moyenne. Elle précise les options disponibles et le type de mesures devant être prises, et apporte des suggestions concernant l'ordre dans lequel les mesures devraient être prises pour mettre en œuvre la stratégie.</p> <p>La conclusion globale de cette étude est que les mesures structurelles les plus efficaces concernant la gestion des crues sont de loin celles qui permettent de retenir provisoirement une certaine quantité d'eau, comme les vals le long de la Loire. Selon cette étude, cette mesure offre l'effet le plus élevé en particulier d'un point de vue investissement par rapport à tous les autres types de mesures. Les autres mesures, notamment la fermeture et l'élévation des digues sur toute leur longueur, sont jugées moins efficaces.</p> <p>Cette étude préconise la mise en place d'un certain nombre de mesures structurelles et non structurelles qui visent d'une part à réduire la probabilité d'inondation mais également à réduire les dommages causés par les crues. Les mesures non structurelles sont définies comme étant des mesures qui modifient la sensibilité aux inondations, comme l'aménagement de bassins versants, les techniques de protection contre les crues, l'annonce des crues, l'aménagement du territoire et les réglementations associées, etc. Les mesures structurelles sont définies comme des mesures telles que les barrages, les réservoirs, les digues, les dérivations, les bassins de retenue, la suppression des obstacles hydrauliques, etc.</p> <p>Ces mesures sont décrites de manière qualitative sans précision quant à leur implantation, dimension, localisation, etc. Des prescriptions et réserves sont cependant associées à chacune de ces mesures.</p> <p>En terme de mesures structurelles, l'étude cite notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la construction de réservoirs de gestion des crues en amont de la Loire moyenne dans le but de réduire les débits de pointe dans le fleuve, • la construction de bassins de retenue (en fait, l'aménagement de vals supplémentaires) le long mais également en amont de la Loire moyenne, dans le but d'écarter la pointe de l'onde de crue dans le fleuve, • l'éloignement des digues par rapport au chenal d'étiage, dans le but d'augmenter la quantité d'eau transportée entre les digues, • le changement du profil longitudinal de tout ou partie des digues le long des vals en digues horizontales dans le but d'augmenter la quantité d'eau pouvant être retenue dans le val, • la fermeture des vals qui sont en permanence ouverts sur le lit mineur d'étiage, afin de mieux écarter la pointe de l'onde de crue dans le fleuve, • la suppression des obstacles hydrauliques dans le lit du fleuve entre les digues qui entravent l'écoulement de l'eau, • l'aménagement de canaux latéraux ou le creusement de la plaine inondable pouvant être combiné à l'aménagement de zones humides. <p>Cette étude n'identifie pas spécifiquement de zones d'expansion des crues au sens de la circulaire du 24 janvier 1994.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
Titre : Etudes des crises hydrologiques du Bassin de la Maine Auteur(s) : CNR Projets Date : 1999 Maitre d'ouvrage : EP Loire Références : [27]	<p>Dans un souci de cohérence globale et suite aux crues très importantes de janvier 1995 sur l'ensemble du bassin, une réflexion concertée entre les différents partenaires intéressés a présidé au lancement d'une importante étude des crises hydrologiques du bassin de la Maine. Cette étude également dénommée "étude 3P", concerne les trois volets suivants : "Prévision", "Prévention" et "Protection".</p> <p>Parmi les types d'actions envisagées en terme de protection, l'étude préconise notamment les aménagements suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • « éloignées » (en amont du secteur à protéger) : levées de terre transversales à la rivière ou des retenues d'écêtement, • « intermédiaires » : mode de gestion des ouvrages et le mode d'entretien des rivières pouvant conduire à de meilleures conditions d'écoulement des crues. <p>Cette étude n'identifie pas spécifiquement de zones d'expansion des crues au sens de la circulaire du 24 janvier 1994.</p> <p>Parmi les retenues d'écêtement de crue évoquées, on citera les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • sur le Loir : 4 retenues (Bonneval, Vendôme, la Flèche et Durtal), • sur la Sarthe et l'Huisne : <ul style="list-style-type: none"> ○ 2 retenues sur la Sarthe entre Alençon et la Mans, ○ 3 retenues sur l'Huisne, • sur la Mayenne et l'Oudon : <ul style="list-style-type: none"> ○ 5 retenues sur la Mayenne (Ambrière sur la Mayenne, Ambrière sur la Varenne, Oisseau, Andouillé et Saint Calais, ○ 2 retenues sur l'Ousson (La Boissière et Méral). <p>L'étude n'envisage aucune retenue sur la Maine compte tenu de l'influence du niveau de la Loire et de la faible pente des lignes d'eau.</p> <p>La mise en place de levées de terres transversales à l'écoulement, constituant autant de zones supplémentaires de stockage des eaux de crue et contribuant ainsi à une diminution du débit transmis à l'aval est également envisagé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • sur le Loir : 65 levées pour un volume de stockage de 17,5 Mm³, • sur la Sarthe : 25 levées pour un volume de stockage de 11,8 Mm³, • sur l'Huisne : 53 levées pour un volume de stockage de 4,4 Mm³. <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p> <p>Une attention particulière est mentionnée concernant le fait que la mise en place de retenues et ou de levées sur un ou plusieurs cours d'eau pourrait engendrer un décalage du pic de crue et potentiellement conduire à une synchronisation avec les crues d'un autre cours d'eau (concomitance) et donc in fine aggraver le risque inondations sur certains secteurs.</p> <p>Le chargé d'étude juge que l'effet des levées de terres transversales sur l'écêtement des crues est moindre que les retenues de stockage mais qui en revanche présentent, néanmoins, des avantages non négligeables : ouvrages passifs ne nécessitant pas d'intervention pendant la crue, facilité de mise en œuvre, intégration environnementale aisée, faible coût, etc. La mise en place de retenues est quant à elle jugée comme présentant un risque non négligeable de devoir y renoncer à cause des contraintes juridiques fortes, voire incontournables.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Étude de cohérence du bassin de la Maine</p> <p>Auteur(s) : HYDRATEC</p> <p>Date : 2008</p> <p>Maitre d'ouvrage : EP Loire</p> <p>Références : [47]</p>	<p>Dans la continuité de l'étude « 3P » de la Maine (cf. ci-dessus), l'étude de cohérence du bassin de la Maine a pour objet de permettre de valider ou non les projets inscrits dans le Plan de Prévention des Inondations du Bassin de la Maine (PPIBM) au regard du risque d'aggravation de l'inondation à l'aval, entraînée par la modification éventuelle des concomitances.</p> <p>L'analyse du fonctionnement hydraulique du bassin de la Maine réalisée au cours de l'étude fait ressortir les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • absence de zones inondables ayant une capacité significative sur la Mayenne et l'Oudon jouant un rôle important dans le phasage des crues, • des zones inondables ayant un rôle prépondérant sont localisées sur la Sarthe entre Spay et La Suze sur la Sarthe. Sur ce linéaire, le lit majeur est très large et la plaine comprise entre la Sarthe, la Rhone et le canal de Fillé offre une zone de stockage de plus de 600 hectares, • des zones inondables ayant une capacité significative sont localisées sur l'Huisne entre la Ferté-Bernard et Connerré et autour d'Yvré l'Evêque. L'Huisne est dans son ensemble composée de multiples bras et possède un champ d'inondation relativement ample comparativement à la Sarthe, • les principales zones inondables ayant une capacité significative sur le Loir sont localisées entre La Chartre et La Flèche. Le Loir est en effet très large et sinueux sur cette zone et composé de multiples biefs offrant des zones d'écoulement à la crue. <p>Une liste d'aménagements reprenant pour partie ceux évoqués lors de l'étude « 3P » de la Maine est fournie dans le rapport.</p> <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Étude globale de réduction du risque inondation dans le bassin du Loir</p> <p>Auteur(s) : ASCONIT & HYDRATEC</p> <p>Date : 2013</p> <p>Maitre d'ouvrage : EP Loire</p> <p>Références : [13]</p>	<p>Cette étude découle du Programme d'Actions de Prévention des Inondations du bassin de la Maine (PAPI Maine), élaboré en 2003, qui comporte de nombreuses actions visant à réduire le risque inondation sur le bassin de la Maine et notamment sur le bassin du Loir.</p> <p>L'étude du fonctionnement du bassin du Loir met en évidence que le cours du Loir est "aménagé" par un très grand nombre de barrages d'usines et de moulins, constituant un ensemble de 92 biefs à raison d'un ouvrage tous les 3 - 4 km environ.</p> <p>L'étude s'est également attachée à identifier les Zones d'Expansion des Crues (ZEC) afin de mettre en évidence au sein des zones inondables des secteurs pas ou peu urbanisés qu'ils seraient souhaitables de conserver en l'état, de restaurer, voire d'aménager afin de disposer d'espaces de « stockages naturels » des eaux en période de crue. Ces secteurs sont localisés sur la Figure 3 en page 29 (cf. paragraphe 2.3).</p> <p>Les plus importantes recensées sont localisées au niveau des communes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • en Eure-et-Loir : Saumeray - Alluyes, Marboué, Douy - Saint-Denis-les-Ponts, Cloyes-sur-le-Loir, • en Loir-et-Cher : Morée, Saint-Firmin-des-Près, Saint-Ouen – Meslay, Vendôme (amont N10), Varennes, Thoré-la-Rochette – Asnières – Les-Roches-l'Evêques, Lavardin – Montoire-sur-le-Loir, Saint-Jacques-des-Guérets - Artins, Sougé – Couture-sur-Loir – Trehet (confluence avec la Braye), • en Sarthe : La-Chartre-sur-le-Loir, Vouvray-sur-Loir – Dissay-sous-Courcillon, Vaas, Le-Lude, La-Flèche (amont du pont de la République), • en Maine-et-Loire : Montreuil-sur-Loir, Corzé, Soucelles, Villevêque. <p>L'étude fait mention de projet d'aménagements envisagés mais non réalisés tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la réalisation de barrages d'écêtement de crue sur les affluents amont du Loir sur des sites potentiels de surstockage sur la Foussarde, l'Ozanne, la Thironne et éventuellement sur l'Yerre aval et la Braye aval. Ces aménagements n'ont pas été réalisés et n'ont pas fait l'objet d'études complémentaires plus approfondies, • la réalisation de 9 levées transversales dans le lit majeur entre Ruillé et La Flèche. Des études complémentaires ont mis en évidence un impact positif à l'aval du programme de levées, mais l'analyse des enjeux a toutefois amené à abandonner ces aménagements considérant que la sur-inondation provoquée en amont de chaque levée était supérieure au gain maximal attendu en aval. <p>Enfin, des propositions d'actions de protection éloignées sont envisagées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ralentissement dynamique des crues en amont de la confluence avec la Braye, • barrages d'écêtement de crue évoqués précédemment. <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Aménagements visant à réduire les dommages dus aux inondations dans la vallée du Cher Définition de listes d'actions possibles dans les domaines de la protection, prévision et prévention</p> <p>Auteur(s) : INGEROP</p> <p>Date : Décembre 2004</p> <p>Maitre d'ouvrage : EP Loire</p> <p>Références : [48]</p>	<p>Cette étude fait suite au « Diagnostic de la vallée du Cher du barrage de Rochebut à la Loire » réalisé en 1988 pour le compte de l'EPALA. Son objectif est de dégager une liste d'actions envisageables concernant le thème de la protection contre les crues.</p> <p>Au global, 35 fiches descriptives des opérations possibles ont été produites. Ces dernières concernent cependant quasiment uniquement des projets d'endiguement de protection rapprochée et n'intéresse donc pas directement la présente étude.</p> <p>Cette étude est intéressante dans le sens où elle illustre le fait que les mesures de protection contre les inondations dites globales et/ou éloignées, tels que les barrages écrêteurs et les zones d'expansion des crues, ne sont pas systématiquement envisagées. En effet, cette étude vise à traiter les problématiques d'inondation recensées sur le secteur étudié au cas par cas via l'aménagement local d'aménagements mais n'envisage pas de solutionner cette problématique à l'échelle du bassin versant via des aménagements globaux.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Réduction de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Allier Réalisation d'une étude 3P</p> <p>Auteur(s) : EGIS Eau</p> <p>Date : juillet 2011</p> <p>Maitre d'ouvrage : EP Loire</p> <p>Références : [34]</p>	<p>L'objectif de cette étude a été de définir de manière la plus pertinente et efficace les améliorations visant à une meilleure gestion du risque inondation en s'appuyant sur une analyse transversale.</p> <p>Le diagnostic hydrologique de l'étude a permis de mettre en évidence que la connaissance des limites des zones inondables est très variable selon les communes et les territoires. Une grande partie du chevelu hydrographique ne fait notamment l'objet d'aucune cartographie de zone inondable à ce jour.</p> <p>Il est évoqué la mise en œuvre opérationnelle de dispositif ou d'action de restauration du fonctionnement naturel du bassin versant se traduisant par une multiplicité d'actions à répartir sur l'ensemble du territoire. Ces actions concernent la totalité des acteurs du bassin versant et nécessitent un entretien et un suivi sur le long terme pour garantir leur efficacité.</p> <p>L'accent est mis sur le travail d'information primordial qui doit être fait pour impliquer l'ensemble des acteurs du bassin versant.</p> <p>Un certain nombre d'actions sont envisagées à l'échelle du bassin versant de l'Allier. Parmi celles-ci, citons en quelques-unes intéressants directement la présente étude :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mise en œuvre de mesures agro-environnementales territorialisées (MAET) en particulier sur les têtes de bassins versants pour permettre un ralentissement des eaux de ruissellement ainsi qu'une augmentation des zones de stockage naturelles, • mise en place de servitude de surinondation sur des territoires à faibles enjeux. À titre d'exemple, l'effacement d'une digue structurante en rive droite de l'Allier et située à la limite des départements de l'Allier et de la Nièvre, • profiter de la réalisation d'aménagements structurants pour y intégrer d'éventuels ouvrages de protection contre les inondations, comme l'utilisation des remblais de l'A75 pour écrêter les crues de la Veyre, • encourager les mesures de restauration des dynamiques fluviales participant au ralentissement global de l'onde de crue en favorisant la divagation et la restauration de la dynamique naturelle de la rivière, • favoriser l'aménagement d'infrastructures submersibles avec maîtrise des débordements. <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur la Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
Titre : Étude globale de gestion des crises hydrologiques et de restauration environnementale du haut bassin de la Loire Étude 3P Loire amont	<p>Cette étude constitue une approche globale des problèmes liés aux crises hydrologiques (crues et étiages) et présente des propositions de solutions optimales visant à minimiser leurs effets et à assurer une restauration environnementale.</p> <p>En amont de Villerest, l'étude indique que le régime hydrologique de la Loire est influencé par trois grands aménagements destinés à la production hydroélectrique, l'alimentation en eau potable et l'irrigation. Bien que ces aménagements n'aient pas vocation à écrêter les crues, ils ont cependant pu jouer ce rôle lors de crues historiques.</p> <p>La plaine du Forez est décrite comme une vaste zone inondable qui joue un rôle capital dans l'écrêtement des crues en aval de Grangent.</p> <p>L'étude fait mention de rares sites d'expansion naturelle des crues, comme la plaine de Saint Vincent, qui ont un rôle important pour l'écrêtement des crues et qu'il faut les préserver de tout endiguement généralisé qui viendrait réduire leur capacité d'expansion.</p> <p>Les affluents en amont de Brives-Charensac sont identifiés comme participant le plus à la crue et sur lesquels il pourrait être intéressant d'intervenir :</p> <ul style="list-style-type: none"> • deux affluents incontournables qui apportent beaucoup de débit : la Gazeille et la Gagne. Ils présentent l'inconvénient, à première vue, de ne pas receler de sites où pouvoir stocker les importants volumes nécessaires à l'écrêtement de leurs apports. Selon l'étude, il faudrait s'orienter vers des ouvrages de stockage à pertuis ouvert, qui apparaissent alors comme des ouvrages encore mal connus dans leur fonctionnement et leur efficacité, • la Loire et éventuellement la Padelle, où des aménagements de type ouvrage de stockage à pertuis ouvert seraient efficaces au vu des apports encore notables (la Padelle, affluent rive gauche participe rarement aux mêmes crues que les affluents de rive droite), • la Laussonne, La Gage, la Veyradère et l'Orcival présentent encore des possibilités mais hydrauliquement beaucoup plus réduites et moins efficaces. <p>Enfin, il est envisagé de rétablir une communication entre les anciennes gravières très abondantes sur l'axe ligérien, constituant des milieux annexes à fortes potentialités écologiques, avec la Loire pour permettre une amélioration du fonctionnement biologique de ces milieux mais également contribuer à réduire le risque inondation.</p> <p>Quatre sites ont été identifiés pour faire l'objet d'une intervention test prioritaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la gravière de Rivas Trois Maisons sur la commune de Rivas, • le Gourd Nantais, à Feurs, • la Petite Motte, à Feurs, • Aux-Pierres-à-Cleppé. <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Schéma de ralentissement dynamique des crues de la Loire dans le département de la Haute-Loire Programme d'Actions de Prévention des Inondations Loire Amont (PAPILA)</p> <p>Auteur(s) : ISL Ingénierie</p> <p>Date : janvier 2007</p> <p>Maitre d'ouvrage : EP Loire</p> <p>Références : [53]</p>	<p>L'objectif de cette étude consiste en l'étude du schéma de ralentissement dynamique des crues de la Loire en amont de la retenue de Grangent (surface du bassin versant de 4 110 km²) au moyen d'ouvrages de rétention répartis sur l'ensemble du bassin versant. L'objectif est que l'efficacité cumulée d'une multitude de sites dispersés sur les affluents de la Loire puisse permettre de réduire le débit de pointe sur l'axe Loire.</p> <p>Les retenues sèches envisagées se distinguent des grands barrages écrêteurs déjà étudiés sur le bassin versant de la Loire par leur taille modeste réduisant les impacts environnementaux et paysagers.</p> <p>Un recensement d'une centaine de sites potentiels et une première hiérarchisation a été proposée sur la base de considérations topographiques, hydrologiques et géographiques. Une modélisation hydraulique et hydrologique d'une soixantaine de sites a ensuite été réalisée en vue d'apprécier l'efficacité individuelle et collective de chacun d'entre eux afin de dégager une quarantaine de sites qui ont in fine fait l'objet d'une caractérisation et d'une hiérarchisation vis-à-vis de leurs efficacités hydrauliques individuelle et collective, des contraintes techniques et financières et des contraintes environnementales.</p> <p>Le premier recensement de sites a été réalisée via le recherche des meilleurs « verrous » hydrauliques dans les vallées et susceptibles d'assurer un stockage significatif des crues rares (période de retour > 50 ans) à partir de la cartographie au 1/25 000 et des études antérieures. À l'issue de ce recensement 36 sites ont été recensés en amont de Coubon et 55 sites en aval de Coubon.</p> <p>Suite au tri préliminaires des sites dont certains ont été écartés de par leur proximité avec un autre site, il a été retenu : 25 sites en amont de Coubon, 22 sites entre Coubon et Retournac et 13 sites entre Retournac et Aurec parmi lesquels 40 sites ont fait l'objet d'une visite de site.</p> <p>Les modélisations hydrauliques ont notamment mis en évidence qu'un scénario d'aménagement envisageable de 20 sites retenus permettrait, d'un point de vue global, d'obtenir des résultats proches du scénario comprenant les 40 sites visités pour un investissement deux fois moindre.</p> <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
Titre : Protection contre les inondations du bassin de la Sarthe Auteur(s) : BCEOM Date : Octobre 1999 Maitre d'ouvrage : EPALA Références : [17]	<p>Ce document fait suite à l'étude relative aux crises hydrologiques du bassin de la Maine (Étude « 3P »). Son objectif a été d'étudier la faisabilité et l'efficacité des aménagements envisagés sur la Sarthe via une modélisation hydraulique, et leur compatibilité avec les aménagements projetés sur l'Huisne (3 retenues d'écroulement et 53 levées transversales) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une série de levées transversales dans le lit majeur de la Sarthe en amont et en aval du Mans (25 levées envisagées) dont la localisation n'est pas précisément définie, • une retenue d'écroulement sur le Merdereau, • une retenue d'écroulement sur la Sarthe au Gué Ory. <p>28 sites potentiellement favorables ont été retenus pour la mise en place de levées transversales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12 en Sarthe normande (département de l'Orne), • 12 en Sarthe mancelle (département de la Sarthe, amont du Mans), • 4 en Sarthe aval (aval du Mans). <p>Leur efficacité a cependant été jugée très faible à l'échelle du bassin.</p> <p>Trois sites potentiellement favorables ont été envisagés pour la mise en place de l'ouvrage d'écroulement des crues sur le Merdereau. Celui présentant le meilleur potentiel hydraulique et des contraintes d'occupation des sols acceptables est le site de St-Paul-le-Gaultier. La faible efficacité de l'aménagement couplée à des difficultés rédhibitoires de mise en œuvre font que la retenue sur le Merdereau n'a pas été retenue pour répondre aux objectifs attendus de réduction du risque d'inondation sur la vallée de la Sarthe.</p> <p>Seul le projet de retenue d'écroulement de crue de la Sarthe au Gué Ory est jugé susceptible de réduire les inondations de manière sensible à l'échelle du bassin. Cependant, il est souligné la complexité du contexte du projet, en matière d'environnement et de compatibilité d'éventuels usages multiples ainsi que la nécessité d'études plus poussées.</p> <p>Des combinaisons d'aménagements ont par ailleurs été testées avec la retenue du Gué Ory. Les autres aménagements envisagés sur la Sarthe ne semblent pas apporter pas de gain supplémentaire, malgré la lourdeur des investissements. Par contre, concernant les aménagements envisagés sur l'Huisne :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les barrages de Margon et Mauves sur l'Huisne amont sont jugés compatibles et leurs effets se cumulent à l'aval du Mans, • les levées transversales dans la plaine inondable de l'Huisne induisent un écroulement généré au Mans et à l'aval sensible. Il faut noter cependant un risque de resynchronisation de la crue de la Sarthe avec celle du Loir, qui devrait conduire à éviter ce couplage, sauf à la réétudier, au moyen d'un modèle plus détaillé. <p>Le principal intérêt de ces combinaisons d'aménagement est d'agir à la fois sur les hauts bassins de la Sarthe et de l'Huisne, ce qui permet d'une part de réduire les inondations sur la Sarthe mancelle et sur l'Huisne et d'autre part d'avoir une action efficace sur différentes crues (dominante Sarthe ou dominante Huisne).</p> <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Références de l'étude « globale »	Éléments intéressants la présente étude
<p>Titre : Etudes des zones d'expansion de crues sur les affluents de la Sarthe en amont du Mans et analyse des potentialités de préservation et de gestion</p> <p>Auteur(s) : ASCONIT Consultants & HYDRATEC</p> <p>Date : novembre 2007</p> <p>Maitre d'ouvrage : Institution Interdépartementale Bassin de la Sarthe Amont (IIBSA)</p> <p>Références : [11]</p>	<p>L'objectif principal de cette étude a consisté en l'identification des zones d'expansion de crue dans le lit majeur des affluents de la Sarthe en amont du Mans afin de proposer différentes modalités de gestion en mesure de jouer sur les écoulements. Une hiérarchisation des potentialités d'expansion de crue sur les espaces environnant les principaux affluents de la Sarthe amont a notamment été réalisée.</p> <p>Cette étude s'est portée exclusivement sur les affluents de la Sarthe partant du constat que peu d'études leur étaient consacrées alors qu'ils ont une part non négligeable dans le risque inondation en aval du bassin versant : le Merdereau, la Vaudelle, la Bienne, l'Orne Saosnoise et l'Orthe contribuant à hauteur de 50 % du débit de pointe et du volume de crue au Mans.</p> <p>Cette étude a visé à mettre en évidence au sein des zones inondables des secteurs pas ou peu urbanisés qu'ils seraient souhaitables de conserver en l'état, de restaurer, voire d'aménager afin de disposer d'espaces de « stockages naturels » des eaux en période de crue.</p> <p>La définition des potentialités d'expansion des crues a été réalisée via une analyse multicritère et d'une analyse spatiale sous SIG sur la base de critères géomorphologiques (zone altimétrique, formations alluviales et colluviales, pentes des versants, zones humides potentielles, point de resserrement latéral du lit majeur) et de reconnaissances de terrain : 14 sites ont fait l'objet d'une visite afin de apprécier de visu l'aptitude des sites à l'expansion des crues, vérifier la présence ou l'absence d'enjeux vulnérables et recueillir les avis de la (ou des) commune(s), lorsqu'elle était présente.</p> <p>De manière générale, les visites ont mis en évidence que les zones d'expansions effectives sont moins étendues que celles délimitées par l'analyse multicritères.</p> <p>Les entretiens avec les élus rencontrés ont souvent fait ressortir une vigilance vis-à-vis de risques éventuels sur des biens bâtis en cas de surinondation ainsi qu'une sensibilité vis-à-vis de l'impact d'une surinondation sur les usages des terrains concernés.</p> <p>Une évaluation de la vulnérabilité potentielle ainsi que de son évolution probable et des facteurs de crues a été réalisée via une analyse multicritère. Cette dernière a fait intervenir des critères liés à la vulnérabilité potentielle (occupation du sol, bâti et densité de bâti, densité de la population, proportion d'habitants en maison individuelle), des critères liés à l'évolution potentielle de la vulnérabilité (présence d'un PPRI, évolution de la population, évolution du nombre d'habitants en maison individuelle) et des critères liés à l'évolution des facteurs de crue (évolution des surfaces imperméabilisées, évolution des surfaces toujours en herbe, évolution des terres labourables, évolution des surfaces drainées).</p> <p>Les principes d'action envisageables pour gérer au mieux les phénomènes d'expansion de crue selon le concept de ralentissement dynamique en favorisant les actions douces et diffuses, plutôt que la mise en place d'ouvrages lourds sont rappelées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ralentir les eaux s'écoulant sur les versants, • atténuer leur propagation dans les cours d'eau, • favoriser ou restaurer la connexion avec le lit majeur : dérivation et étalement des écoulements, augmentation des infiltrations vers les nappes. <p>Un certain nombre d'actions concernant le lit majeur sont présentées avec des exemples de réalisation ou de projet sur le territoire national :</p> <ul style="list-style-type: none"> • végétation dans le lit majeur : <ul style="list-style-type: none"> ○ freine les écoulements, entraînant une surélévation du niveau d'eau, et donc une expansion un peu plus forte,

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

- favorise l'infiltration et l'évapotranspiration,
- petits obstacles transversaux (haies, talus, fossés, etc.) :
 - freinent les écoulements et donc favorise le stockage de l'eau,
 - favorisent aussi les infiltrations vers les nappes souterraines, selon la perméabilité des sols, ce qui contribue à atténuer le volume de la crue transféré vers l'aval,
 - efficacité difficile à appréhender qui dépend fortement de la morphologie de la vallée,
 - doivent évidemment être généralisés à l'échelle du bassin versant considéré, ou du moins d'une grande partie de celui-ci.
 - mise en œuvre potentiellement délicate, du fait notamment des contraintes foncières,
 - suppose évidemment l'absence d'enjeux dans les zones destinées à être surinondées,
- remblais routiers et ferroviaires :
 - cas particulier,
 - à l'occasion d'un projet de nouvelle infrastructure, l'opportunité de concevoir une plateforme en remblai ayant un rôle écrêteur peut-elle être saisie,
 - suppose naturellement l'absence d'enjeu notable dans la cuvette amont,
- réhabilitations de zones inondables (ex : anciennes gravières) :
 - rouvrir aux inondations des secteurs qui en ont été protégés dans le passé, en aménageant des organes permettant leur remplissage et leur vidange,
 - effet local lié à l'importance relative des volumes en jeu,
- micro-retenues :
 - la multiplication de petites retenues sèches sur le petit chevelu à l'échelle d'un bassin versant pour écrêter les crues, peut-être une alternative intéressante à la création d'un grand barrage sur le cours d'eau principal, avec des impacts limités sur les contextes environnemental et socio-économique,
 - cependant, différents contre-exemples situés dans le bassin de la Maine (Huisne, Oudon) montrent la difficulté opérationnelle à mettre en place de telles solutions de manière efficace et intégrée,
- plans d'eau existants : suppose que les plans d'eau soient notamment dotés d'ouvrages de fond permettant par exemple de libérer leur réserve (partiellement ou totalement) avant l'arrivée d'un événement météorologique annoncé.

Une hiérarchisation des actions sur les zones d'expansion de crue potentielles a été réalisée compte tenu de l'analyse effectuée et des spécificités de chaque site :

- par secteur géographique :
 - envisager l'étude d'actions de ralentissement dynamiques des crues,
 - ou préserver les zones d'expansion existantes,
- par type d'action :
 - là où le cours d'eau a été rectifié : opérations de renaturation avec reméandrage, afin de faciliter les débordements et bien utiliser les potentialités du lit majeur pour l'expansion des eaux,
 - là où les berges sont dénudées : implantation de ripisylve qui contribuera à freiner les écoulements,
 - là où le lit majeur est très ouvert, implantation de haies supplémentaires, et/ou renforcement du couvert végétal, ce qui contribuera à freiner les écoulements et favorisera les infiltrations dans le sol.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

	<p>Au global, 45 zones d'expansion de crues potentielles réparties sur l'ensemble du territoire du SAGE de la Sarthe amont (dont 14 ont bénéficié d'une visite de terrain) sont recensées. Un certain nombre d'espaces inondables préservés de toute urbanisation sont également mis en relief. L'étude insiste également sur la responsabilité des communes sur lesquelles se localisent ces zones notamment dans la gestion de l'urbanisme et de l'occupation des sols, sur la nécessité de démarches de concertation dès lors qu'il s'agit d'intervenir de quelque manière que ce soit ainsi que sur l'utilisation des différents outils réglementaires disponibles pour préservation locale des espaces (hors PLU) : Natura 2000, Arrêté de biotope, Espaces naturels sensibles du département, etc.</p> <p>La localisation des éléments cités précédemment est présentée sur les Figure 3 et Figure 4 au paragraphe 2.3.</p>
--	--

Tableau 1 : Synthèse des principales études « globales » mises à disposition

2.2.2.2. Études « locales »

Par ailleurs, un certain nombre d'études « locales » ont également été consultées de manière à pouvoir affiner les connaissances sur les zones inondables existantes ou potentielles ainsi que les projets d'aménagements locaux relatifs à ces dernières.

À titre d'exemple, nous avons valorisé les études suivantes :

- les PPRI et les TRI qui ont pu pour la majorité être exploités directement sous format SIG pour l'identification des zones inondables (cf. §3.2),
- les études de dangers (EDD) des systèmes d'endiguement de la Loire et de ses affluents. Elles ont permis d'identifier les zones protégées par des digues ainsi que les secteurs ayant fait l'objet de propositions de mise en transparence du fait de l'absence d'enjeux protégés et au regard de l'état des ouvrages offrant un niveau de sureté limité (chapitre 9 des EDD). Parmi ces études de dangers, citons notamment celles portant sur les vals suivants : Orléans, Tours, Authion, Gien, etc. Ces études n'identifient cependant pas spécifiquement de zones d'expansion des crues au sens de la circulaire du 24 janvier 1994 et sont centrées sur les systèmes d'endiguement.

À titre d'exemple, les EDD d'Ousson et de Briare évoquent respectivement des projets d'aménagement de zone déversante permettant d'inonder le val et de mise en transparence de l'ouvrage de protection existant.

- les études de vals qui précisent le fonctionnement hydraulique des vals ainsi que les enjeux exposés et qui proposent des aménagements visant à réduire l'exposition de ces derniers, etc. Elles ont permis d'identifier les zones naturelles inondables, les zones protégées, les zones qu'il est possible de surinonder, etc. Ces études n'identifient cependant pas spécifiquement de zones d'expansion des crues au sens de la circulaire du 24 janvier 1994. Parmi ces études, citons notamment :
 - l'étude concertée face au risque inondation dans les vals de l'Orléanais (ECRIVAL), au sein de laquelle l'abaissement des déversoirs de Jargeau et d'Ouzouer sont envisagés,
 - l'Étude Globale du Risque inondation sur l'Agglomération de Nevers Globale (EGRIAN), au sein de laquelle trois projets de déversoirs sont envisagés,
 - l'étude des vals de Bréhémont et du Vieux Cher, au sein de laquelle l'abaissement du déversoir du Vieux-Cher est envisagé,
 - etc.

2.3. Synthèse

Les périmètres des principales études « globales » et « locales » mises à notre disposition sont présentés sur la Figure 2 en page suivante. Cette carte montre que l'ensemble du bassin de la Loire est couvert par ces études avec certains secteurs plus concernés que d'autres.

Par ailleurs, l'analyse des données bibliographiques a permis d'appréhender les territoires plus ou moins sensibilisés à la thématique des zones d'expansions des crues, objet de la présente étude. On peut citer à titre d'exemple les bassins de la Sarthe amont et de la Loire amont où des études ont eu pour but de recenser des zones d'expansion des crues existantes et potentielles. Sur les autres secteurs (cas par exemple du bassin du Cher), les propositions d'aménagements pour lutter contre le risque inondation constituent globalement plus en des ouvrages structurants ou des solutions de protections locales.

Les principaux aménagements existants et envisagés mentionnés dans ces études et qu'il peut être intéressant d'identifier dans le cadre de l'étude des zones d'expansion des crues potentielles sont également localisés respectivement sur la Figure 3 et la Figure 4 dans les pages suivantes.

À noter que la localisation des principaux aménagements existants et envisagés est parfois approximative compte tenu du fait qu'aucune donnée SIG n'a pu être valorisée directement. La précision de la localisation de ces aménagements est directement liée aux éléments issus des données bibliographiques disponibles (descriptions textuelles, plans de localisation) qui ont été reportés « manuellement » sous format SIG. Ces couches SIG comportent la source de l'information, un descriptif sommaire de l'aménagement ainsi que l'état d'avancement de ce dernier (existant ou projet).

Ces éléments seront valorisés dans les phases ultérieures de l'étude et notamment lors de la phase 2 afin de corroborer la méthodologie mise en place pour la détermination des zones d'expansion des crues.

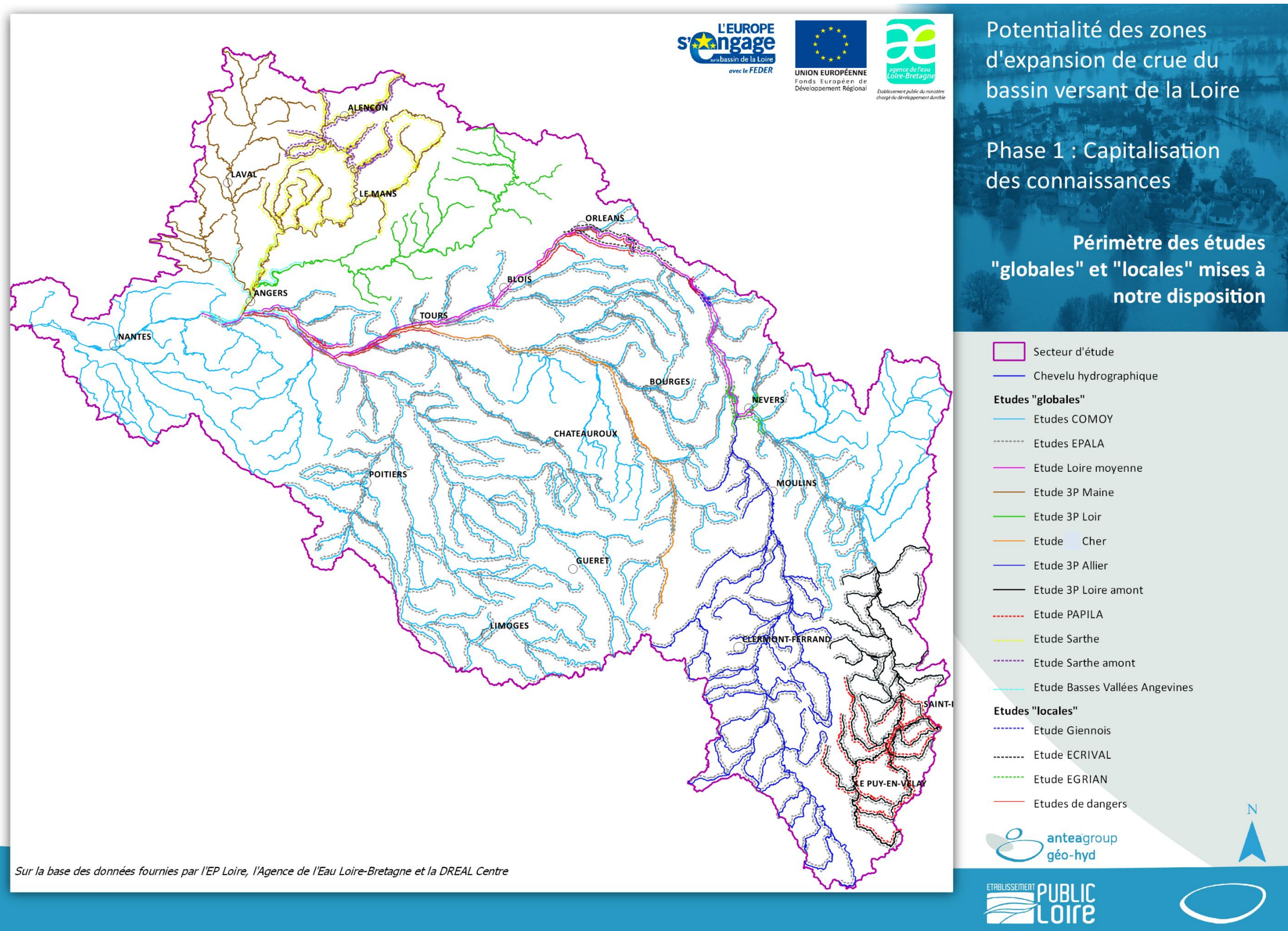


Figure 2 : Périmètres des études « globales » et « locales »

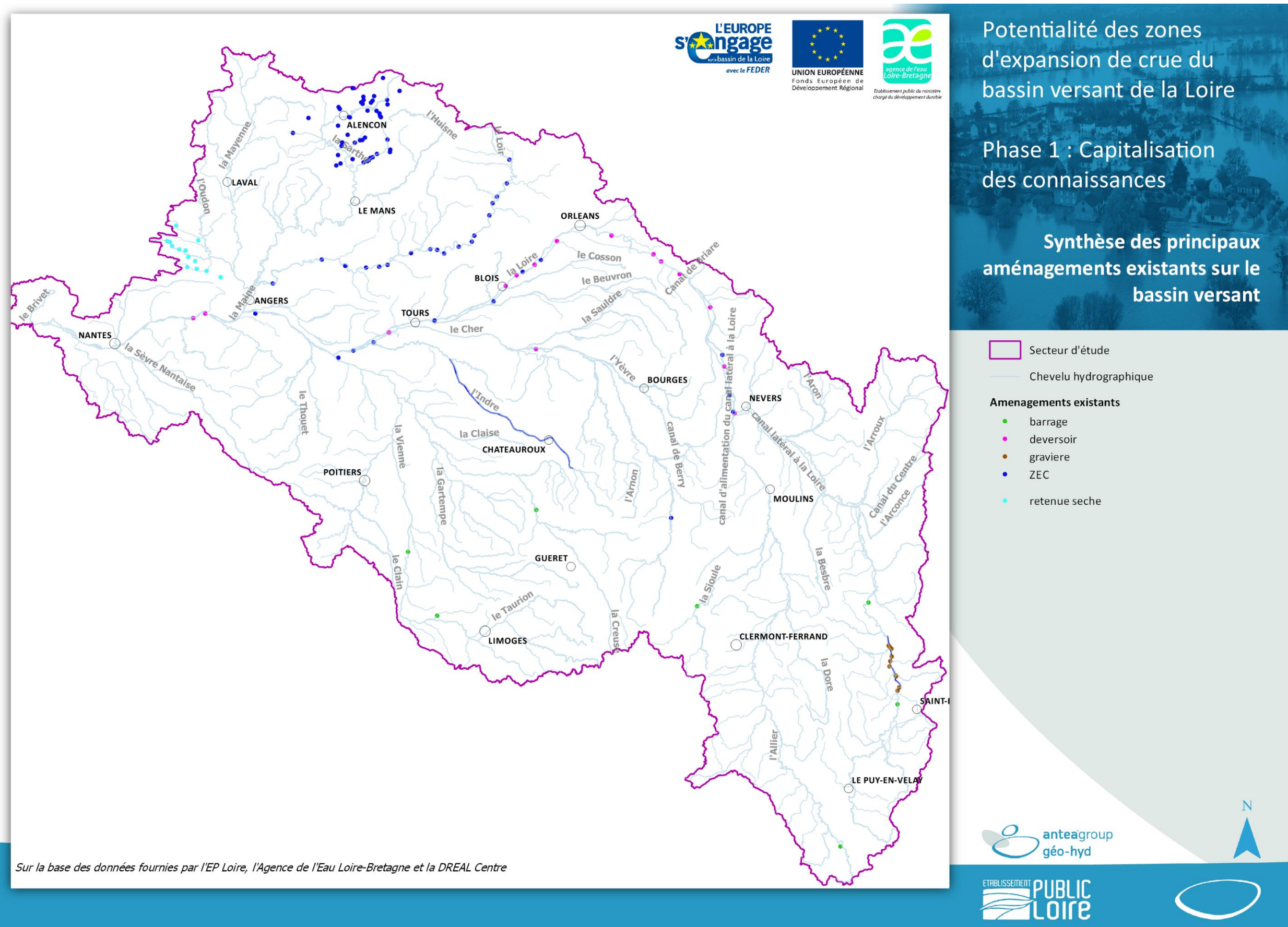


Figure 3 : Localisation des principaux aménagements existants sur le bassin versant

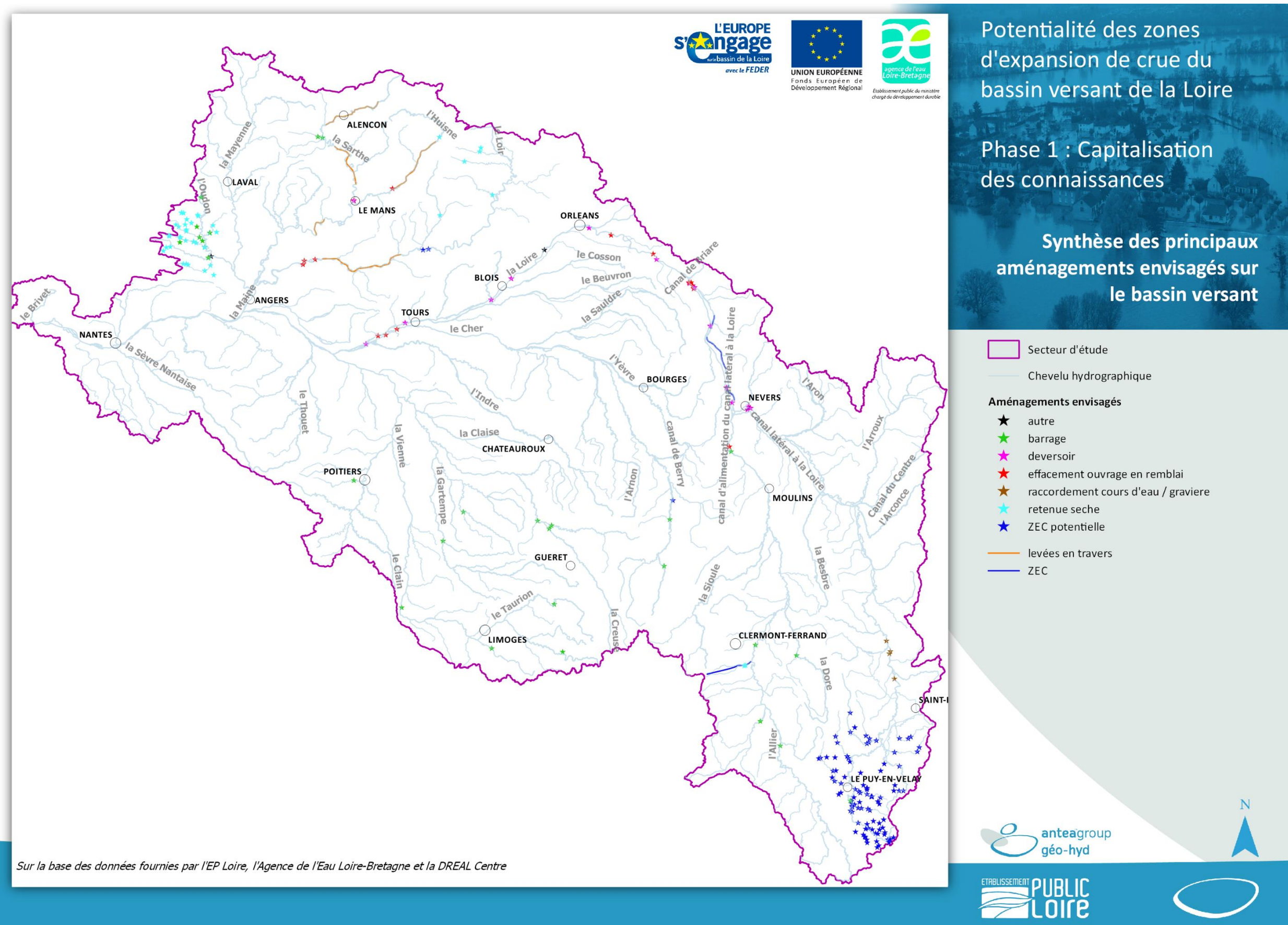


Figure 4 : Localisation des principaux aménagements envisagés sur le bassin versant

3. Phase 2 : Détermination des éléments de mise en œuvre de la solution « zone d'expansion de crues », en réponse au risque inondation

Cette phase vise à :

- identifier les zones naturelles d'expansion des crues à l'échelle du bassin versant de la Loire par le biais d'une analyse des différentes couches d'informations, données et études disponibles,
- classer et hiérarchiser ces zones en fonction de leur potentiel ainsi que de la faisabilité de leur préservation ou aménagement.

Pour rappel, on entend comme zone d'expansion des crues, les zones « définies » comme suit par la circulaire du 24 janvier 1994 : secteurs peu ou pas urbanisés, peu aménagés et présentant une capacité de stockage important. Selon cette circulaire, « elles jouent un rôle déterminant en réduisant momentanément le débit à l'aval, mais en allongeant la durée de l'écoulement. [...] Ces zones d'expansion jouent aussi le plus souvent un rôle important dans la structuration du paysage et l'équilibre des écosystèmes ».

Il pourra s'agir de zones inondables pseudo-naturelles ou à usage agricole, peu ou pas urbanisées, que l'on souhaite préserver, restaurer, ou aménager en vue de réduire la vulnérabilité des territoires au risque inondation.

3.1. Méthodologie globale

La détermination à l'échelle globale du bassin de la Loire des secteurs qu'il convient de maintenir ou restaurer a été réalisée en quatre étapes :

1. délimitation du secteur d'étude : définition d'un aléa de référence,
2. détermination des zones d'enjeux sensibles aux inondations,
3. qualification des zones potentielles d'expansion de crue,
4. classification des zones potentielles d'expansions de crue en prévision des phases suivantes de l'étude.

Étant donné l'échelle du secteur d'étude (bassin de la Loire et de ses affluents), et donc le volume des données potentiellement à traiter, il est indispensable de définir correctement le secteur réellement étudié. Pour ce faire, nous limiterons le secteur d'étude aux zones inondables, lorsqu'elles sont connues (existence d'un TRI, d'un PPRI ou d'un AZI), et aux fonds de vallée importants, dans les secteurs où l'information manque.

À l'intérieur de ces espaces, nous préciserons l'occupation du sol et les enjeux susceptibles d'être rencontrés. Nous nous appuierons essentiellement sur les données de population de l'INSEE réparties dans les bâtiments figurant dans la base de données BD Topo, selon la méthode recommandée par le guide national des Analyses Multi-Critères (AMC) ainsi que sur l'occupation du sol précisée par la base de données Corine Land Cover de 2012.

Les zones d'enjeux étant identifiées, nous chercherons les zones potentielles d'expansion de crues aptes à les protéger. Elles doivent a priori répondre à plusieurs critères : faibles enjeux, volumes stockables relativement importants, etc. Les ZEC potentielles seront caractérisées et les différentes typologies rencontrées seront précisées.

3.2. Identification des zones inondables importantes

3.2.1. Méthode pour la définition d'un aléa de référence

L'aléa de référence est la zone inondable dans laquelle seront définies les ZEC potentielles. Nous nous assurerons que les cours d'eau de plus de 30 km, soit plus de 20 000 km à l'échelle du bassin versant de la Loire, sont couverts par l'aléa inondation.

En fonction des données disponibles, nous avons priorisé l'analyse de la manière suivante :

- **Canaux et Retenues** (Chambon et Villerest) : l'aléa n'est pas défini en bordure de ces deux retenues et des canaux,
- **TRI** (Territoire à Risque d'Inondation) : lorsque les données des TRI sont disponibles, nous utiliserons l'aléa moyen, généralement de fréquence centennale, comme aléa de référence,
- **PPRI** (Plan de Prévention des Risques d'Inondation) : à défaut de TRI, nous utiliserons l'aléa de référence du PPRI, de fréquence centennale ou évènement historique local,
- **AZI** (Atlas des Zones inondables) : à défaut de TRI et PPRI, nous utiliserons l'aléa de l'AZI se rapprochant le plus d'un aléa centennal ou historique,
- **BD Lisa** (référentiel hydrogéologique national) : à défaut de TRI, PPRI et AZI, nous utiliserons les dépôts alluvionnaires décrits dans la base de données BD Lisa,
- **BD Alti 75** (référentiel altimétrique national, résolu à 75m) : à défaut de TRI, PPRI et AZI, et lorsque la BD Lisa ne permet pas de définir une enveloppe du fond de vallée, nous utiliserons un indice topographique de position pour délimiter le fond de vallée.

La carte ci-dessous montre la source de données utilisée par tronçon de rivière. Le détail de l'exploitation des données est précisé dans les paragraphes suivants.

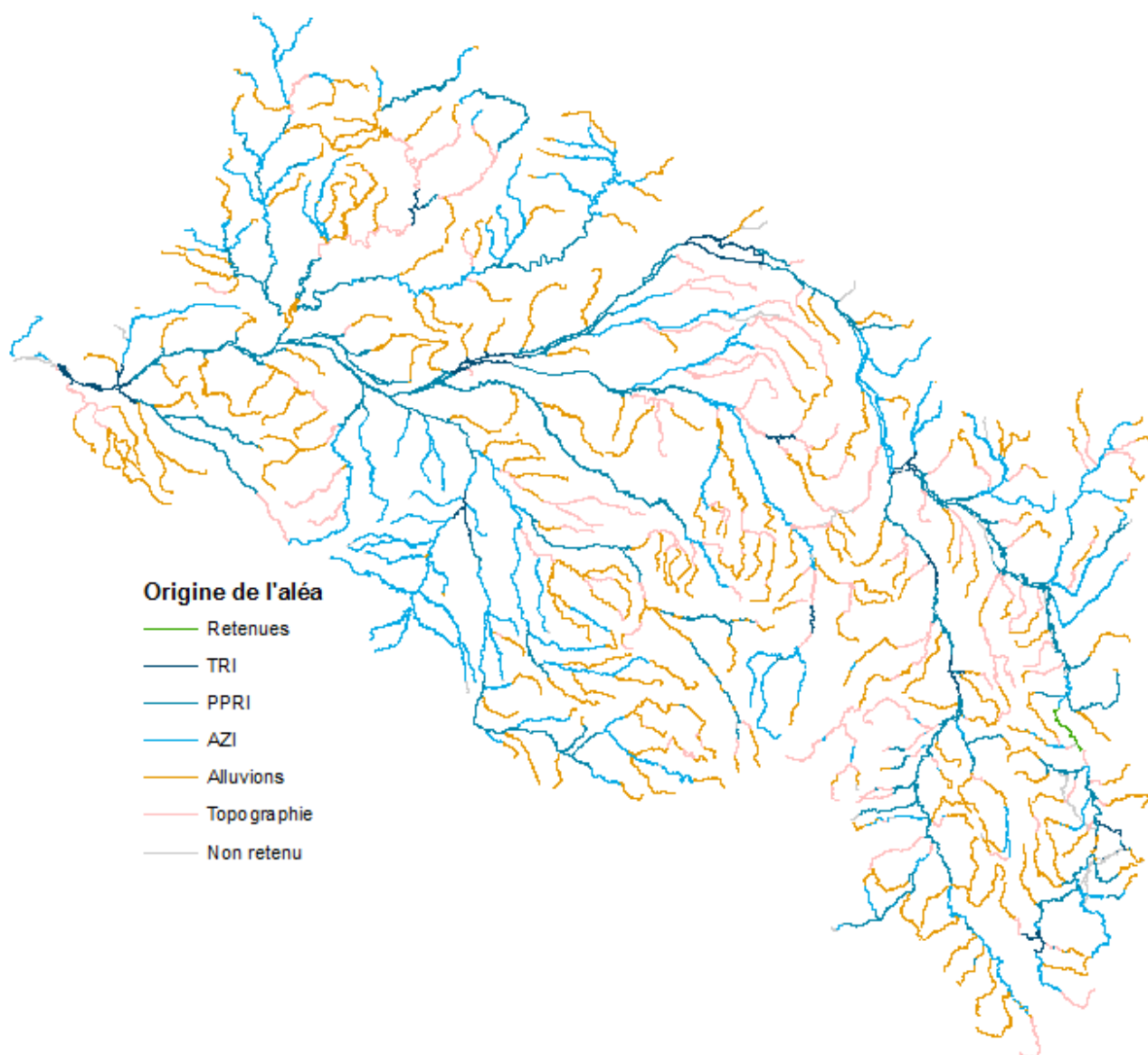


Figure 5 : Origine de l'aléa de référence inondation utilisé par tronçon de cours d'eau

3.2.2. Bilan des données disponibles de zones inondables par région

3.2.2.1. Sources de données

La collecte des données à l'échelle du bassin versant de la Loire et de ses affluents s'est avérée particulièrement difficile même pour les données issues d'études récentes. Même s'il existe des études relativement récentes qui concernent la Loire et ses affluents, nous n'avons pas pu avoir accès aux données SIG associées et précisant l'aléa inondation.

Dans ces conditions, nous nous sommes appuyés en particulier sur les deux sites internet suivant de diffusion de données relatives au risque inondation :

- **GéoRisques¹** : plateforme actuelle de diffusion des données sur les risques,
- **CartoRisques²** : ancienne plateforme de diffusion, dont nous avons récupéré le contenu avant sa mise hors service courant 2016.

Nous avons également examiné les données disponibles au sein du Portail de l'Urbanisme. Ce dernier a pour vocation de diffuser l'ensemble des zonages urbains, notamment des PPRI. Il a ouvert pendant l'été 2016, ce qui fait que son contenu est encore trop fragmentaire pour être exploitable.

GéoRisques ne reprend que partiellement les données anciennement diffusées par CartoRisques. Il était donc intéressant de compléter les données de la plateforme actuelle par celles de l'ancienne.

Les données de CartoRisques sont standardisées dans la structure informatique des tables, mais pas dans leur sémantique ou leur contenu (définition des tables et des colonnes, classifications).

Les données GéoRisques peuvent suivre le standard Covadis lorsqu'il existe, suivre la structure informatique de CartoRisques, ou avoir une structure spécifique à l'étude source.

La précision des données varie d'une étude à l'autre. A titre indicatif, les données des PPRI, TRI et AZI sont exploitables à une échelle de l'ordre du 1/25 000. Les calculs de recherche et classification des ZEC seront réalisés à une échelle de l'ordre du 1/75 000, cohérente avec les données présentes dans la base de données BD Topo. Les données disponibles sont adaptées à l'étude.

Ces données ont été complétées par des éléments fournis par l'EP Loire et en particulier les données SIG associées à l'étude du bassin du Loir et les données relatives aux retenues de Villers et de Chambon.

3.2.2.2. *Données obtenues*

Les données obtenues sont les suivantes :

- aléa des TRI diffusés par GéoRisques,
- zonages des PPRI diffusés par GéoRisques,
- zonages des PPRI anciennement diffusés par CartoRisques,
- atlas des Zones Inondables diffusés par GéoRisques,
- atlas des Zones Inondables anciennement diffusés par CartoRisques,

❖ **Aléa des TRI diffusés par GéoRisques**

Ces données ont été produites entre 2010 et 2014 à l'échelle de Territoires à fort Risque d'Inondation. Il existe systématiquement 3 aléas, un aléa rare (généralement l'aléa trentennal), l'aléa centennal et l'aléa extrême. Les enjeux sont cartographiés à l'échelle communale, sans localiser les habitations et les entreprises à la parcelle.

¹ <http://www.georisques.gouv.fr/>

Ces données, qui permettent d'atteindre une certaine exhaustivité dans les zones d'enjeux forts, pourront participer à la définition de l'aléa inondation à l'échelle du bassin versant. À noter cependant que les données SIG ne sont notamment pas disponibles sur le secteur de Saumur-Angers.

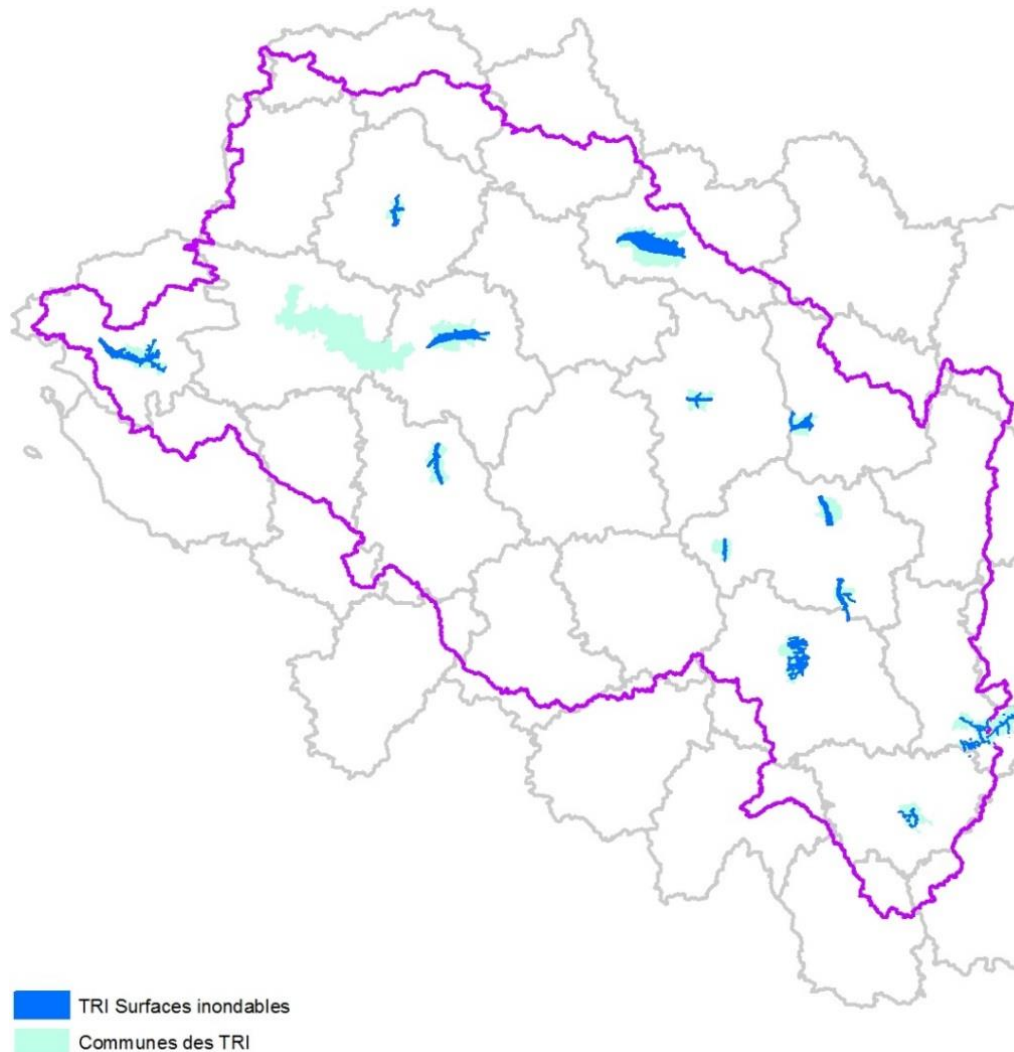


Figure 6 : Couverture du bassin versant de la Loire avec les données « TRI » et disponibilité des couches aléas associées (sur la base des données GéoRisques)

❖ Zonages des PPRI diffusés par GéoRisques et CartoRisques

Ces données, souvent redondantes, proposent l'aléa de référence, le zonage réglementaire et le plus souvent les deux. L'aléa de référence d'un PPRI correspond globalement à un aléa centennal (le cas échéant il s'agit de la crue historique supérieure). Il y a donc une certaine homogénéité dans l'aléa représenté d'un territoire à l'autre.

Outre la définition d'un aléa dans les zones sans TRI, ces informations seront utiles en phase de classification des ZEC potentielles. Les PPRI définissent un **zonage réglementaire** qui restreint localement l'urbanisation et s'inscrit dans une logique de préservation des zones pouvant contribuer au laminage des écoulements (comme les ZEC peuvent le faire). Ces zonages comprennent au moins deux classes :

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

- **la zone rouge** où, d'une manière générale, toute construction est **interdite**, soit en raison d'un risque trop fort, soit pour favoriser le laminage de la crue,
- **la zone bleue** où les constructions sont autorisées sous réserve de respecter certaines **prescriptions**, par exemple une cote de plancher à respecter au-dessus du niveau de la crue de référence.

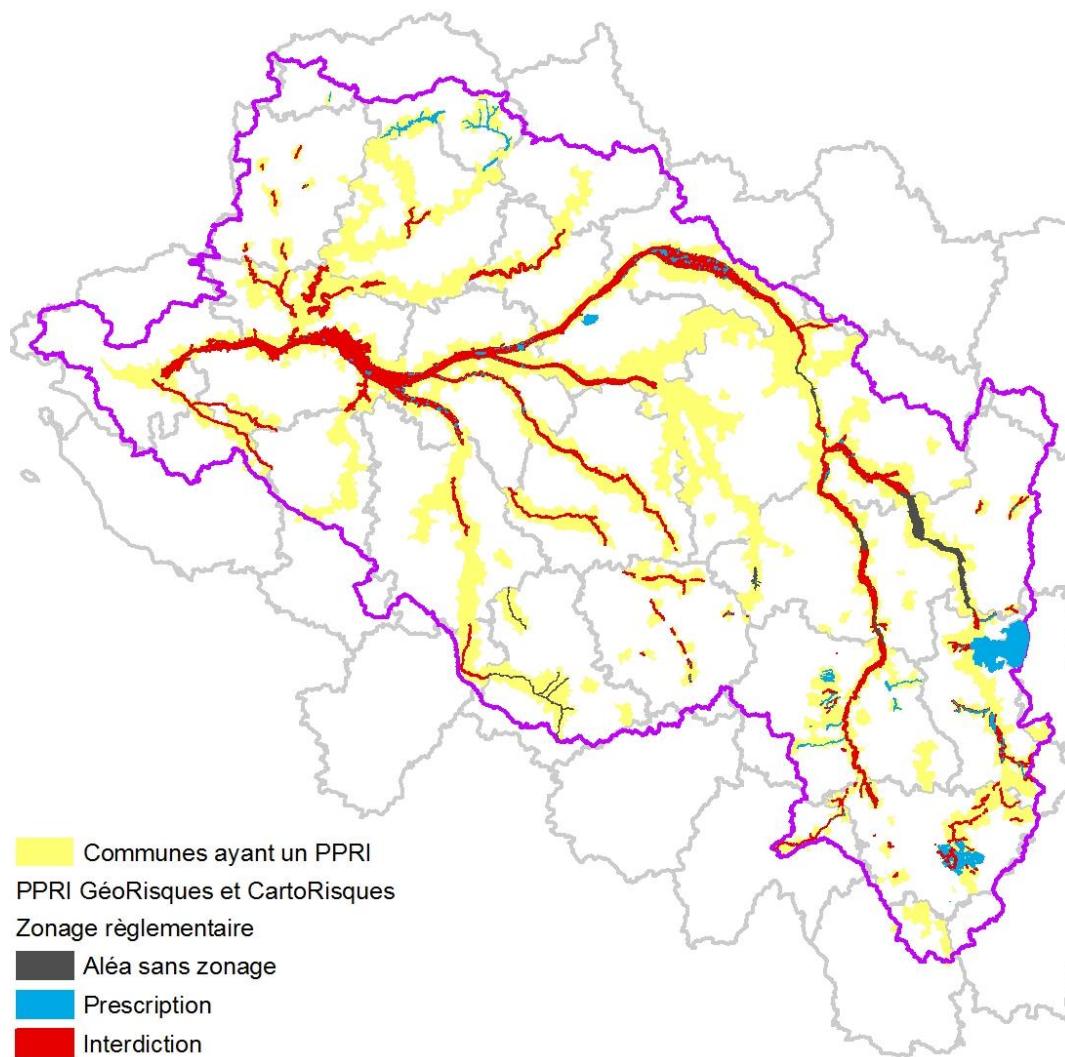


Figure 7 : Couverture du bassin de la Loire avec les données de type « PPRI » et disponibilité des zonages associés (sur la base des données issues de GéoRisques et de CartoRisques)

❖ **Atlas des zones inondables diffusés par GéoRisques et CartoRisques**

Ces données, souvent redondantes, proposent des enveloppes pouvant correspondre à toute sorte d'évènements plus ou moins bien décrits dans ces bases de données : crue fréquente, crue centennale, crue exceptionnelle, PHEC, lit majeur, remontée de nappes, enveloppe des zones inondables, étude hydrogéomorphologique, etc.

Afin de pouvoir composer un aléa aussi homogène que possible à l'échelle du bassin de la Loire, nous privilégierons un aléa centennal ou historique, semblable à l'aléa inondation pris en compte dans les PPRI. À

défaut, nous exploiterons les données identifiant le lit majeur (emprise plus vaste qu'un aléa type PPRI), ou un aléa fréquent (emprise moins vaste qu'un aléa type PPRI).

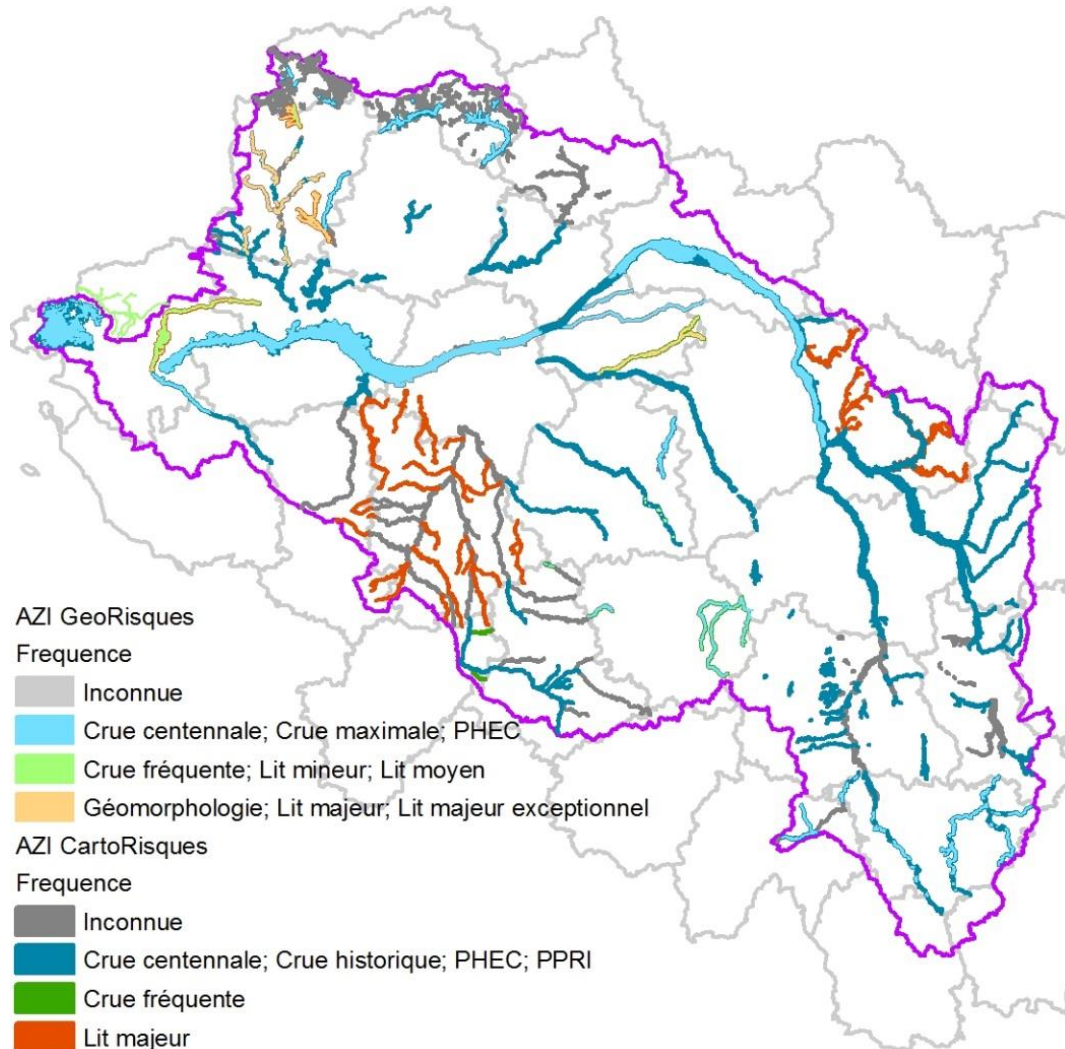


Figure 8 : Couverture du bassin versant de la Loire avec les Atlas des Zones Inondables, par source et fréquence (sur la base des données de GéoRisques et CartoRisques)

Sur la carte ci-dessus, lorsqu'un cours d'eau est noté comme couvert par une zone de type « lit majeur » ou « crue fréquente » Cela signifie qu'il n'existe pas d'enveloppe de type « crue centennale, crue maximale, PHEC ».

3.2.2.3. Ébauche d'une carte d'aléa inondation à l'échelle du bassin versant

La carte suivante présente une agrégation des données disponibles, ordonnées comme suit :

1. aléa moyen des TRI. Il existe aussi pour ces territoires un aléa fréquent et un aléa extrême,
2. aléa de référence des PPRI. Cet aléa est le plus souvent d'ordre centennal,
3. aléa centennal ou historique des AZI,

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

4. autres aléas des AZI,
5. absence de données disponibles sur un cours d'eau de plus de 25 km.

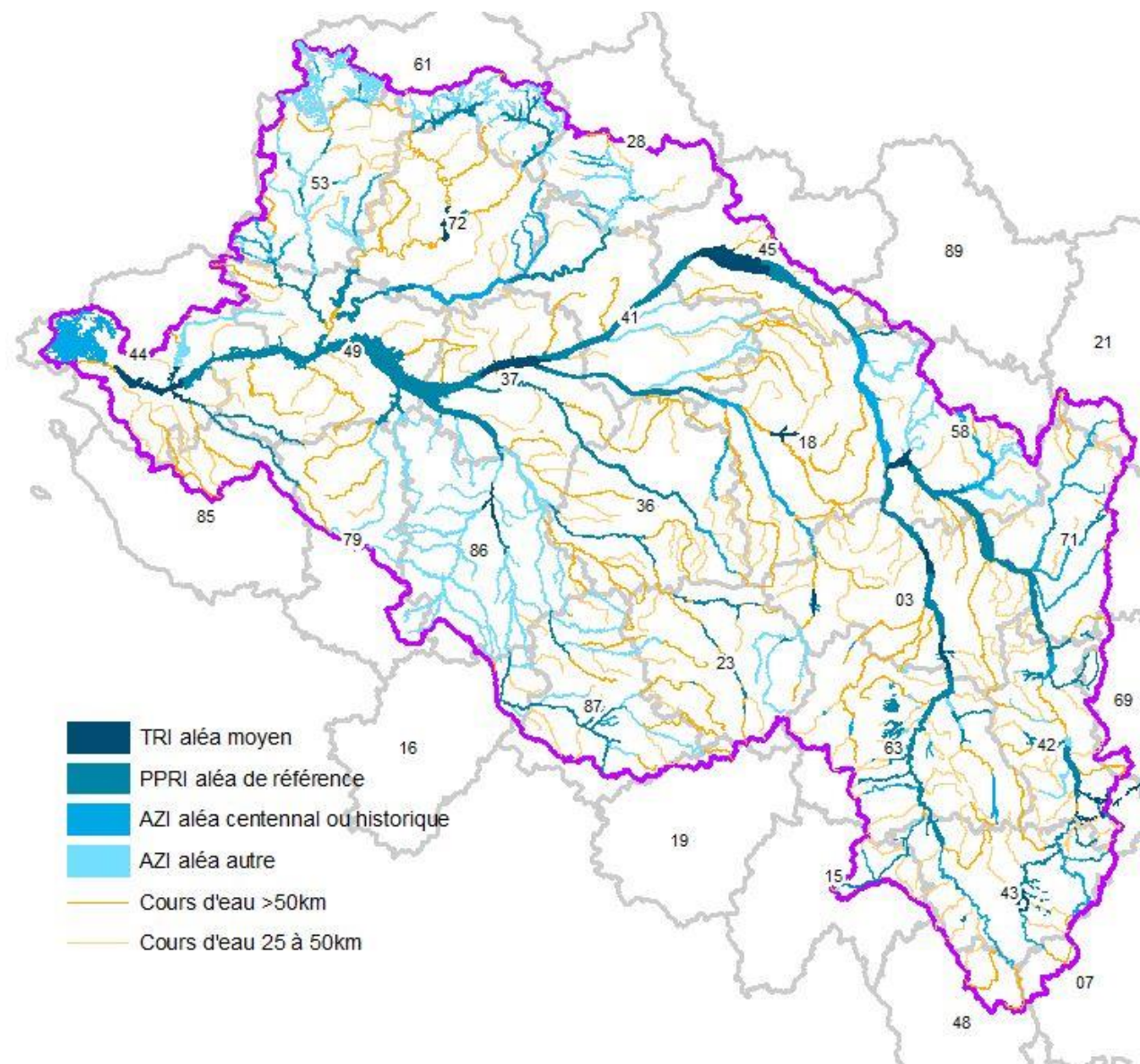


Figure 9 : Ébauche d'une carte d'aléa inondation à l'échelle du bassin de la Loire sur la base des données d'aléa disponibles via Cartorisques et Géorisques ou fournies par l'EP Loire

La couverture globale du bassin est plutôt bonne, à la fois en taux de renseignement, et en répartition géographique des données.

La Loire est entièrement couverte par une donnée correspondant sensiblement à un aléa centennal, la plupart des grands affluents sont également renseignés, même si, comme dans le cas de la Vienne, on peut ne disposer que du fond de vallée obtenu par analyse hydrogéomorphologique. On notera que peu de données SIG sont disponibles dans les départements de l'Allier, du Cher et de la Sarthe.

Nous disposons de moins de données sur les « petits » affluents, qui, lorsqu'ils sont couverts, le sont souvent par un aléa non centennal. La figure ci-dessous met en évidence un certain nombre de lacunes, en particulier sur les départements suivants : la Sarthe, l'Indre, le Cher et l'Allier.

3.2.3. Détermination des zones inondables potentielles sur les secteurs non couverts par des TRI, PPRI ou AZI

3.2.3.1. Méthode générale

Lorsque des emprises de zones inondables sont disponibles, elles pourront être utilisées, en privilégiant une fréquence centennale.

Sur les cours d'eau d'une longueur d'au moins 30 km pour lesquels nous n'avons pas de données d'aléa, nous avons délimité une zone inondable potentielle en nous utilisons d'autres données :

- l'emprise des alluvions : ils témoignent d'un passage, éventuellement ancien, du cours d'eau. Cette information est généralement disponible dans la base hydrogéologique BD Lisa. L'ancienneté de ces alluvions n'est pas précisée,
- la topographie : elle peut permettre de délimiter physiquement le lit majeur. Cette limite sera nette dans le cas de vallées relativement encaissées, mais pourra être sujette à interprétation en cas de bordure moins marquée (large plaine).

3.2.3.2. Indices hydrogéologiques

❖ Les alluvions dans la base de données BD Lisa

BD Lisa est le référentiel national hydrogéologique. La cartographie des alluvions y est réalisée dans deux classes d'objets :

- les « entités hydrogéologiques de niveau 3 » correspondent à des vallées alluviales vastes et bien connues. En pratique, ce sont les vallées majeures. Si les limites des dépôts alluviaux sont bien connues, ils peuvent être anciens et perchés au-dessus de la zone inondable,
- les « entités hydrogéologiques complémentaires » correspondent à des vallées de plus petites tailles, et à une analyse plus globale et moins fiable. En pratique, lorsque les zones inondables sont connues, elles se superposent souvent bien avec ces entités.

Les deux cartes ci-dessous illustrent les éléments décrits par BD Lisa ainsi que la couverture du bassin de la Loire.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

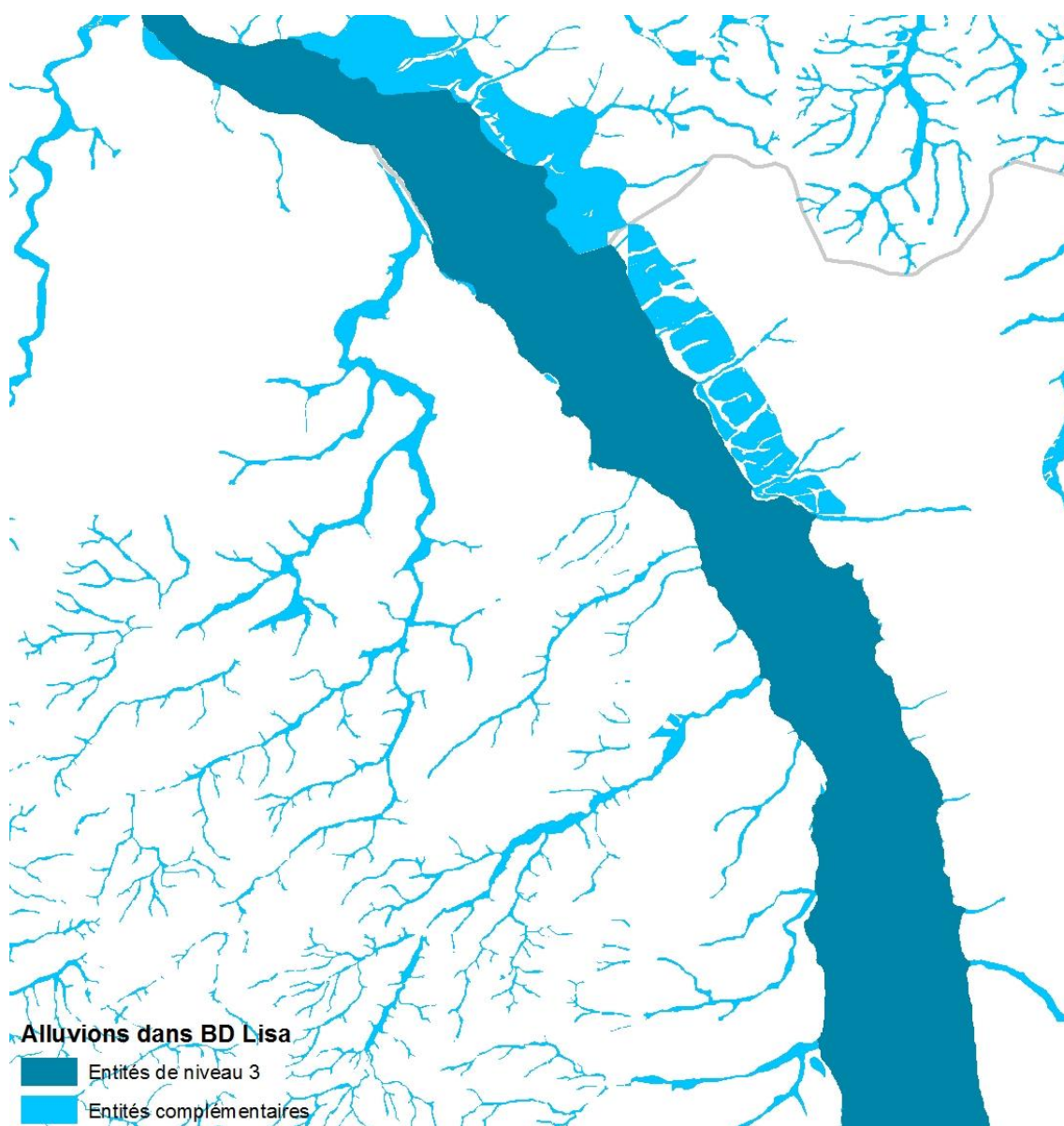


Figure 10 : Cartographie des alluvions dans la base de données BD Lisa

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

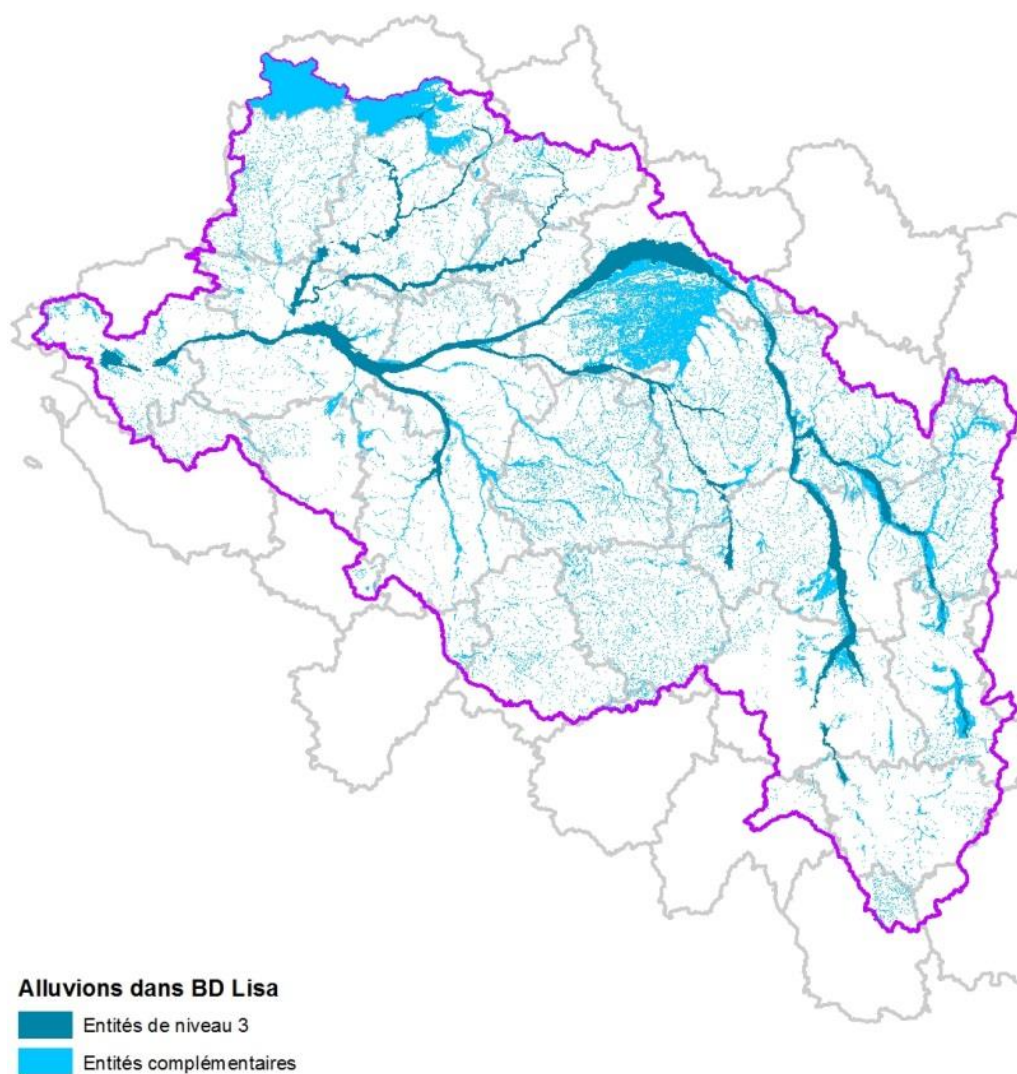


Figure 11 : Représentation des données de type « Alluvions » dans la base de données BD Lisa à l'échelle du bassin versant de la Loire

❖ **Correspondance entre les zones inondables et les entités hydrogéologiques figurant dans la BD Lisa**

Il pourrait être considéré que les zones inondables coïncident avec les entités hydrogéologiques complémentaires figurant dans la BD Lisa. Ce serait probablement plus hasardeux pour les entités de niveau 3.

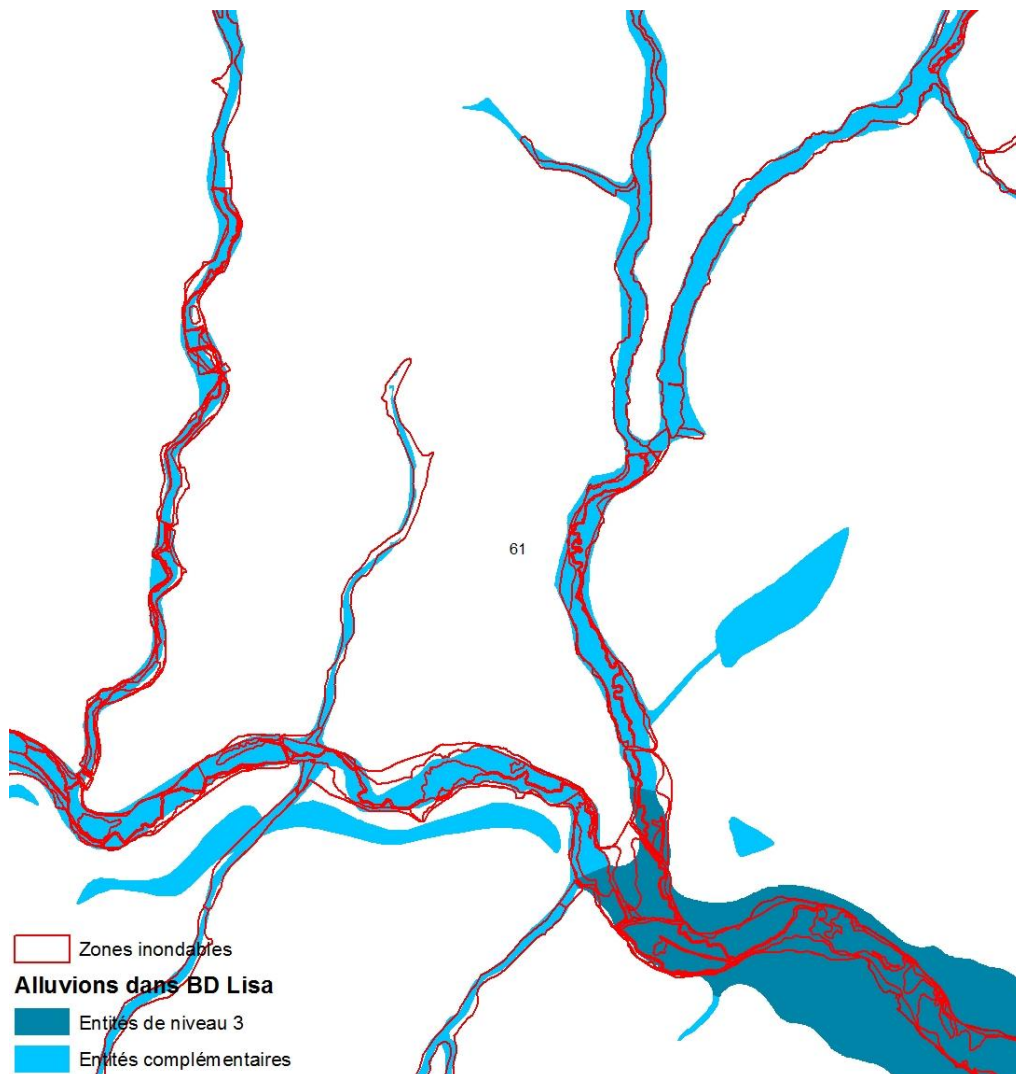


Figure 12 : Correspondance sur un même secteur entre les zones inondables issues des données AZI / PPRI et des entités hydrogéologiques figurant dans la BD LISA

Pour certains secteurs faciles à identifier, la base de données BD Lisa ne pourra pas être utilisée. C'est notamment le cas sur la Sologne comme l'illustre la figure suivante :



Figure 13 : Exemple du cas particulier de la Sologne où les entités hydrogéologiques figurant dans la base de données BD Lisa ne sont pas corrélées avec les zones inondables disponibles

3.2.3.3. Indices topographiques de position

En l'absence d'autres informations et par défaut, il est possible d'assimiler les fonds de vallées à la zone inondable. Les fonds de vallée peuvent être détectés de façon automatique ou assistée par utilisation d'indices topographiques de position (TPI). Nous avons évalué la pertinence de plusieurs indices :

- **Classification de paysage** : cette méthode discrétise les fonds de vallée. Pour obtenir un résultat pertinent, il est indispensable d'adapter le paramétrage du calcul à la structure locale du paysage. Le bassin de la Loire ayant des typologies de vallées très variées, cette solution est peu adaptée à l'étude,

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

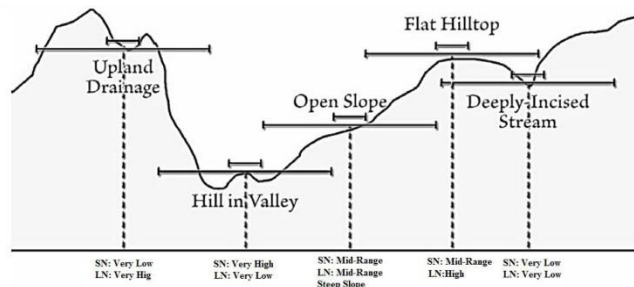


Figure 14 : Indice topographique de position : classification du paysage

- **position par rapport à la pente** : cette méthode produit un indice continu de position par rapport à la pente : 0 = pied de pente, 0.5 = milieu de pente, 1 = haut de pente. Cet indice étant sensible à l'intensité du relief (pente et hauteur), il peut répondre différemment en rive droite et gauche d'un même tronçon de cours d'eau. Cette solution est peu adaptée à l'étude,

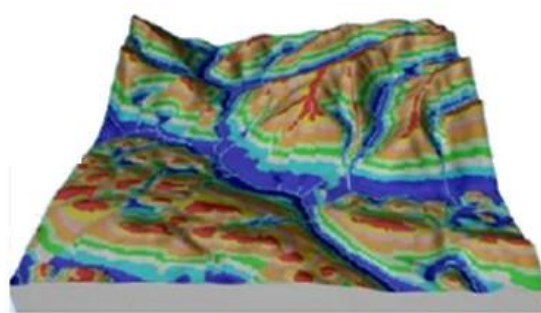


Figure 15 : Indice topographique de position : position relative dans la pente

- **distance verticale au drainage** : cette méthode calcule en tout point la hauteur du terrain par rapport au cours d'eau. Cet indice est sensible à la densité du réseau hydrographique considéré, mais le résultat a une signification concrète qui permet de faire et d'expliquer des choix. **Cet indice a été retenu pour l'étude.**

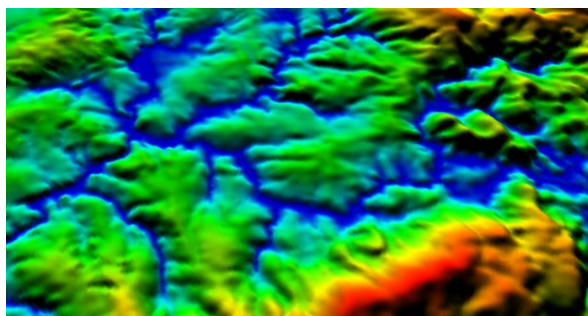


Figure 16 : Indice topographique de position : distance verticale au drainage

3.2.3.4. Application de la méthode

- ❖ **Secteur de recherche**

La base de données BD Carthage a été utilisée pour déterminer les tronçons de cours d'eau qui ne sont pas couverts par une zone inondable (TRI, PPRI, AZI). Les rivières de plus de 30 km (classes 1 à 3 de la BD Carthage) ont été retenues pour la recherche d'informations hydrogéologiques et topographiques : la fiabilité des données est largement dégradée sur des cours d'eau de taille inférieure. Les canaux ont été retirés de la liste.

Sur les 20 000 km de rivières de plus de 30 km, 10 000 km (50 %) ne sont pas couverts par une zone inondable définie des PPRI, des TRI ou des AZI.

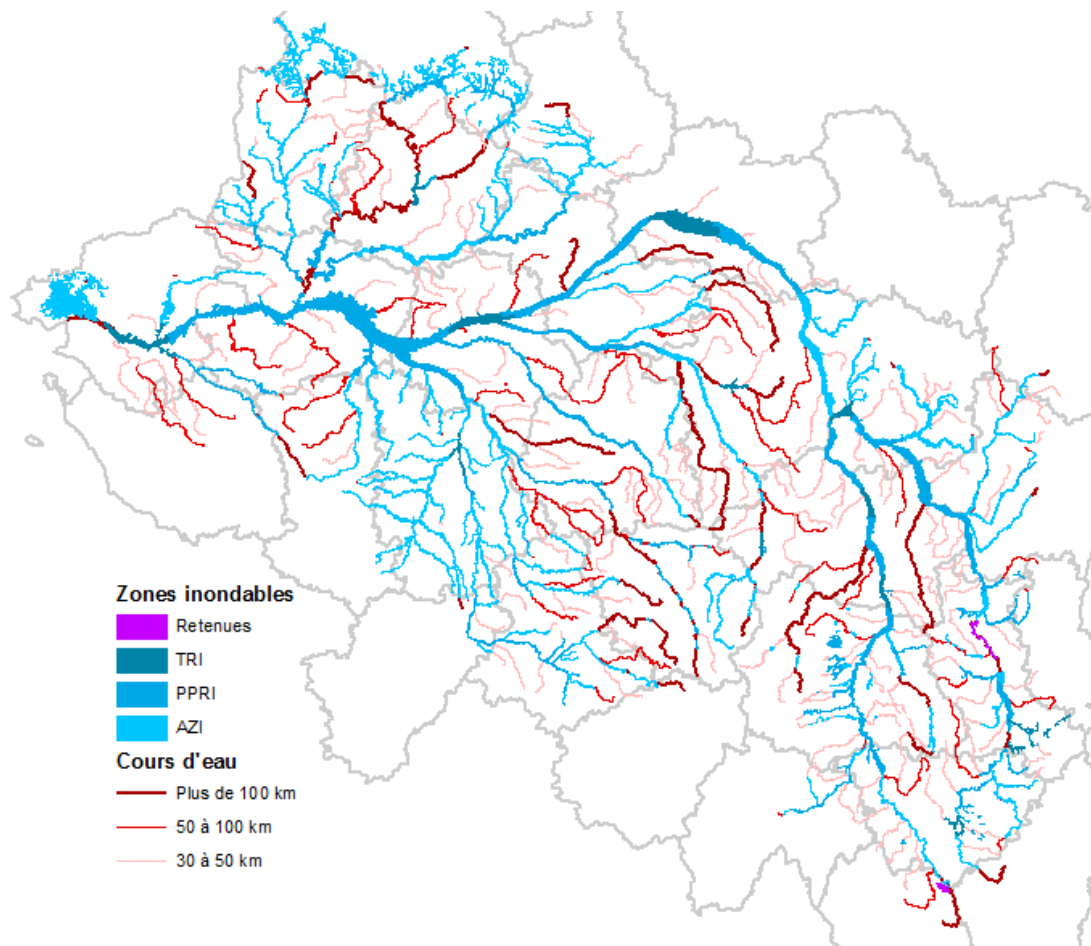


Figure 17 : En rouge, secteur de recherche des indices hydrogéologiques et topographiques

❖ Recherche d'indices hydrogéologiques

Un rayon de recherche a été appliqué autour de tronçons de rivière du secteur de recherche :

- distance personnalisée, entre 100 et 500 m, pour les cours de plus de 100 km,
- 300 m pour les cours d'eau de 50 à 100 km,
- 150 m pour les cours d'eau de 30 à 50 km.

La recherche a été considérée :

- **fructueuse** lorsque les entités BD Lisa en contact avec le cours d'eau correspondent visuellement au tracé de la vallée. 7 000 km de zone d'aléa ont ainsi été définies,

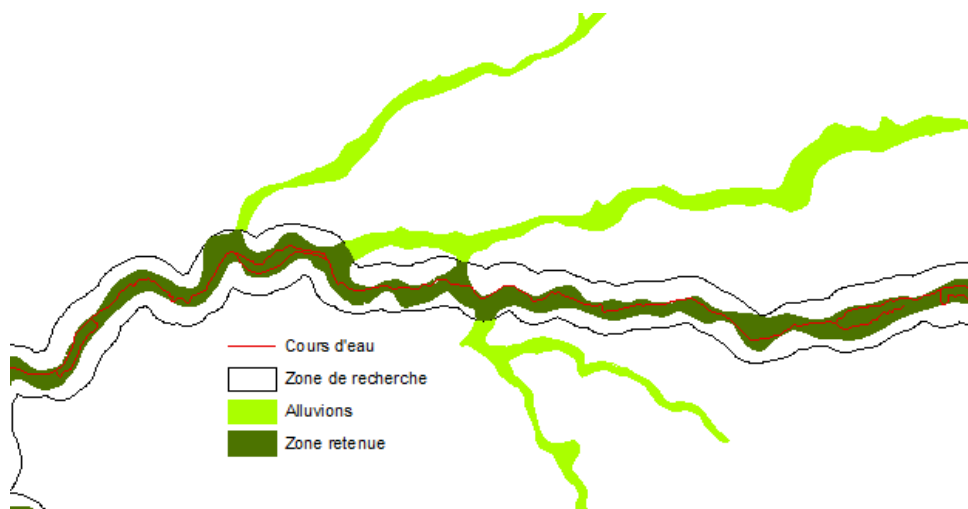


Figure 18 : Exemple de zone alluvionnaire retenue

- **infructueuse** lorsque les entités BD Lisa sont plus larges que le rayon de recherche, ou qu'il n'y a pas d'entité en contact avec le cours d'eau. 3 000 km de cours d'eau restent indéfinis.



Figure 19 : Exemple de recherche infructueuse

Les **dépôts alluvionnaires perchés**, qui ne doivent pas être considérés comme des zones inondables, ont été supprimés : n'ont été conservées que les fractions d'entités hydrogéologiques dont la distance verticale au cours d'eau est inférieure à 3 m.

❖ Recherche d'indices topographiques

Sur les tronçons de cours d'eau pour lesquels la recherche d'indices hydrogéologiques a été infructueuse, le rayon de recherche a été augmenté de 200 m dans la recherche d'indices topographiques.

La distance verticale au cours d'eau maximale a été définie pour chaque tronçon de cours d'eau, en s'appuyant sur les zones inondables et dépôts alluvionnaires connus.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

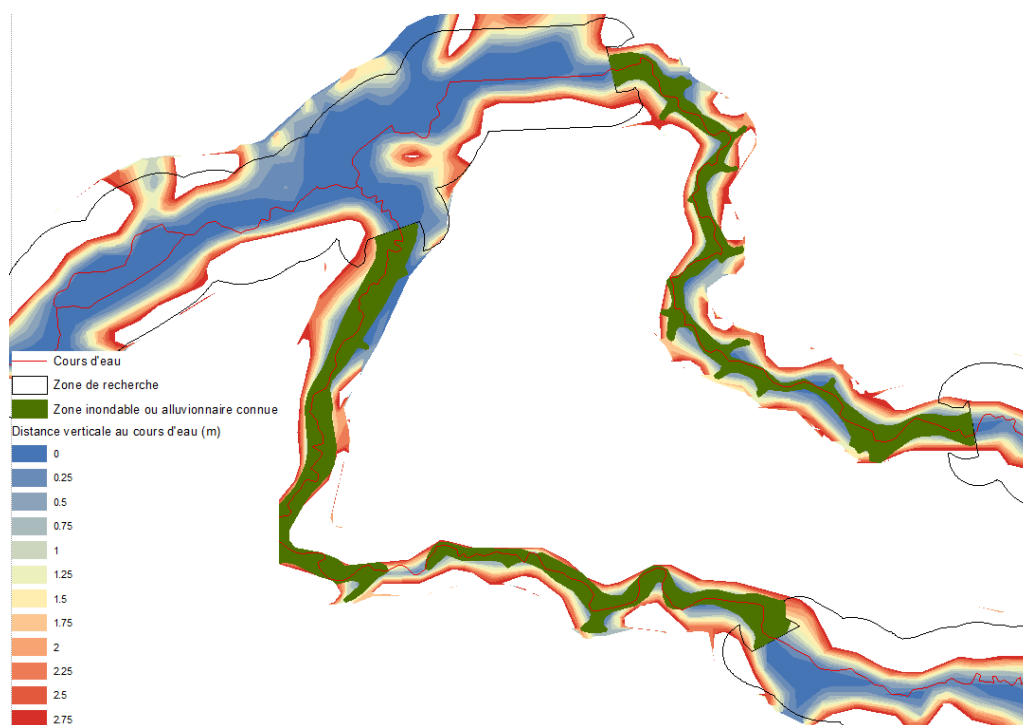


Figure 20 : Indice topographique de position

Les informations obtenues par l'indice topographique de position ont une fiabilité inférieure à celle des autres éléments. Les résultats dans ces zones devront être analysés avec précaution et constituent qu'une évaluation des zones inondables potentielles en l'absence de données SIG sur ces secteurs.

3.2.4. Conclusion sur la détermination des zones inondables à l'échelle du bassin versant de la Loire

L'origine de la couche d'aléa inondation par cours d'eau est synthétisée dans le tableau suivant :

	Longueur en km				%			
Classe de cours d'eau	30-50km	50-100 km	>100km	Total	30-50km	50-100 km	>100km	Total
Retenues	-	0	36	36	0%	0%	0%	0%
TRI	125	30	575	730	2%	1%	7%	4%
PPRI	482	627	3 032	4 141	7%	12%	37%	20%
AZI	1 203	1 653	2 463	5 319	16%	32%	30%	26%
Zones inondables	1 810	2 311	6 105	10 226	25%	44%	74%	49%
BD Lisa	3 965	2 031	834	6 830	54%	39%	10%	33%
Topographie	1 417	794	1 135	3 346	19%	15%	14%	16%
alluvions / topographie	5 383	2 825	1 969	10 176	73%	54%	24%	49%
Non retenu	162	87	181	431	2%	2%	2%	2%
Total général	7 355	5 223	8 255	20 833				
	35%	25%	40%					

Tableau 2 : Récapitulatif des données utilisées pour définir l'aléa inondation dans le cadre de la présente étude

Les 2 % de cours d'eau non retenus correspondent essentiellement à des canaux.

En première approximation, sur la moitié du chevelu hydrographique présentant une longueur supérieure à 30 km, l'aléa inondation provient de données de zones inondables (TRI, PPRI, AZI) ; l'autre moitié a été déterminée en utilisant des indices hydrogéologiques ou topographiques.

Pour affiner l'analyse, les cours d'eau principaux (de plus de 100 km de longueur) sont assez bien connus (74 % d'aléas issus de zones inondables définies par les TRI, les PPRI et les AZI), et les « petits » cours d'eau (d'une longueur comprise entre 30 et 50 km) moins bien connus (25% d'aléas issus de zones inondables).

Cette différence dans la connaissance des zones inondables associées aux « grands » et aux « petits » cours d'eau se retrouve également lorsque l'on distingue les TRI et PPRI, des AZI (ces derniers étant moins homogènes, et souvent moins précis). Si on se limite aux cours d'eau couverts par une étude précisant les zones inondables, les 2/3 des cours d'eau de plus de 100 km sont couverts par un TRI ou un PPRI, seulement 1/3 pour les cours d'eau de taille inférieure (ayant un linéaire compris entre 30 et 100 km).

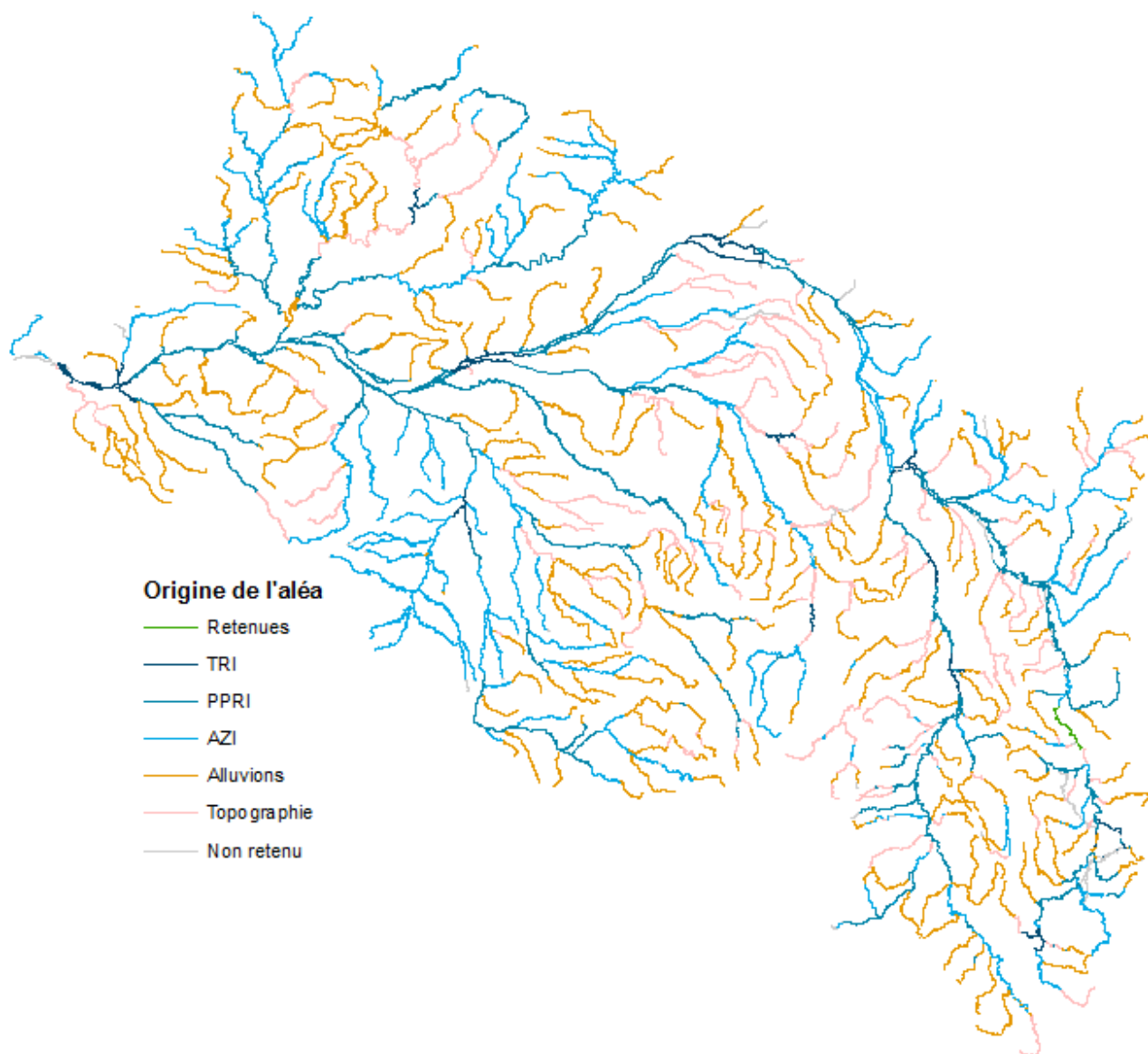


Figure 21 : Origine de l'aléa de référence par tronçon de cours d'eau

3.3. Méthode de détermination et d'exploitation des enjeux présents au sein des zones inondables potentielles

3.3.1. Préambule

L'analyse de la localisation des enjeux a un double objectif. D'une part elle permet de localiser les zones vulnérables, donc celles qui bénéficieraient de la sollicitation et de la préservation des Zones potentielles d'Expansion des Crues. D'autre part, elle permet de réaliser une typologie des Zones potentielles d'Expansion des Crues en vue de hiérarchiser ces dernières.

Il convient de rappeler que le travail réalisé à ce stade de l'étude concerne l'intégralité du bassin de la Loire. Le volume de données traité est considérable et l'approche choisie est en lien avec l'échelle de la présente étude.

3.3.2. Terminologie

Les notions de « Zones d'Expansion des Crues » et d'« Enjeux » peuvent sembler pour partie antinomique. Il ne s'agit pas ici de considérer que les secteurs qui s'inscriront dans une ZEC potentielle n'ont pas de valeur mais bien de préciser l'occupation des sols présentes au sein de ces dernières et les enjeux associés.

Certains secteurs peuvent accepter voire être compatibles avec la présence d'une inondation temporaire et permettre de protéger d'autres zones qui le sont beaucoup moins.

Après analyse des bases de données d'enjeux mobilisables et disponibles sur l'ensemble du territoire, il ressort la liste des enjeux suivants qui peuvent être classés en deux catégories (reposant sur la terminologie évoquée au point précédent) :

- enjeux particulièrement vulnérables à forte valeur socio-économique :
 - couche des bâtiments avec répartition de la population au sein de ces dernières permettant de définir les zones habitées et occupées par les activités humaines,
 - couche des bâtiments classés au patrimoine historique et installations classées pour la protection de l'environnement,
 - couches des zones de culture à forte valeur ajoutée,
- enjeux à plus faible valeur économique pouvant servir d'appui à la classification des espaces en ZEC :
 - couche des zones boisées,
 - couches des zones de pâtures (permanentes et temporaires),
 - couches des zones de grandes cultures,
 - zones humides situées notamment en zone inondable, soit en limite et connectées ou pouvant être connectées aux zones inondables.

Ces informations sont détaillées dans les paragraphes ci-après.

L'échelle de restitution est celle d'une maille de 75 mètres de côté même si certaines données sont exploitées en cours d'analyse à une échelle plus fine afin de réaliser des traitements aussi robustes que possibles.

In fine, après identification des enjeux présents dans chaque maille, l'objectif est d'attribuer une note à chaque maille caractérisant, en fonction de l'occupation du sol rencontrée, la potentialité que la maille présente les caractéristiques d'une zone potentielle d'expansion des crues (zones inondables non urbanisées ou peu urbanisées et peu aménagées).

3.3.3. Données traitées et utilisées pour déterminer les enjeux particulièrement vulnérables

3.3.3.1. Occupation humaine

À l'échelle du bassin versant il est difficile de traiter distinctement les activités économiques, les zones commerciales et les populations. La base de données Corine Land Cover permet de faire cette distinction, mais uniquement pour les grands ensembles. De ce fait, les villes de taille moyenne peuvent être mal représentées.

Afin de rendre compte d'une homogénéité d'occupation humaine, le choix a été fait d'exploiter les zones urbaines, en les traitant sous l'angle de la population.

La présence de la population est un paramètre important à exploiter pour identifier les ZEC potentielles et pour rendre compte de la présence de l'occupation humaine vulnérable dans la zone inondable. Plus le nombre d'habitants est important dans une zone inondable, plus les dommages seront grands et plus les problématiques socio-économiques ainsi que les besoins de gestion de crise seront importants.

La donnée traitée va permettre de classer les zones habitées en 3 classes :

- zones densément bâties / urbanisées (qui vont correspondre à des grandes surfaces bâties dans des unités urbaines importantes, principalement les grandes villes), associées à une densité supérieure à 1 500 habitants au km²,
- zones moyennement bâties / urbanisées (qui vont correspondre à de petites surfaces bâties, avec une faible population mais permettant de conserver le caractère urbanisé de la zone, appartenant à une entité urbaine existante et visible que sont les petites villes et les villages), associées à une densité comprise entre 300 et 1 500 habitants au km². A ces entités de logement sont ajoutées les classes d'occupation du sol comprenant les activités économiques et commerciales³,
- zones faiblement bâties / urbanisées et zones isolées (qui vont correspondre globalement à des zones de hameaux situées en dehors des zones urbanisées, et aux fermes et exploitations isolées), associées à une densité inférieure à 300 habitants au km².

A noter que ces différentes classes reprennent la typologie utilisée actuellement par l'INSEE (qui s'inspire elle-même de la classification européenne urbain / rural).

³ Ces entités à forte vulnérabilité et coût de dommage importants sont différenciés des zones à forte densité de population pour d'éventuelles opérations ultérieures, notamment dans le cas des zooms sur des ZEC potentielles particulières.

3.3.3.2. *Bâtiments classés et Installation Classées pour la Protection de l'Environnement*

Le bassin versant de la Loire est marqué par la présence de nombreux bâtiments classés au patrimoine et en particulier les châteaux de la Loire. Qu'il s'agisse de vieux châteaux, d'abbayes, de bâtiments particuliers ou encore de moulins, ces enjeux sont souvent implantés dans des zones naturelles. Leur inondation peut engendrer des coûts importants (endommagement des constructions et du mobilier associés, pertes d'exploitation, etc.) et porter une atteinte significative au patrimoine. Ils bénéficient généralement par ailleurs d'un statut réglementaire particulier visant à préserver ces éléments.

Une couche d'entité de bâtiments classés a été réalisée pour enrichir la connaissance et identifier ces éléments dans chaque maille de 75 m de côté.

Les Installations Classées au titre de la Protection de l'Environnement qui pourraient se situer dans les zones potentiellement classables en ZEC ont été identifiées à partir des données de recensement des différentes préfectures des départements concernés ainsi que de la base de données BASIAS du BRGM. Cette catégorie d'enjeux intègre les centrales nucléaires, électriques ainsi que les postes de transformation importants.

3.3.3.3. *Activités agricoles de pleins champs à haute valeur ajoutée*

Implantés en zones dites naturelles, cette catégorie regroupe les activités de type :

- exploitation de la vigne,
- arboriculture et pépinières,
- maraichage de plein champ et sous serres.

Les enjeux économiques sont importants. La submersion de certains fruitiers sur plus de 0,25 m impose souvent leur arrachage et leur remplacement. L'endommagement des vignobles sur des territoires souvent couverts par des Appellations d'Origine Contrôlées pourrait créer un grave préjudice économique et d'image aux exploitations touchées. Nous avons exploité la base de données Corine Land Cover, et extrait pour cette classe les valeurs codées (catégories 221, 222 et 223 de Corine Land Cover). La nomenclature de la base de données Corine Land Cover est disponible en Annexe 3 du présent rapport.

Les activités de maraîchage sont en théorie exclues du traitement. D'une part les parcelles sont rarement renseignées sur ces activités et elles ne peuvent donc pas être extraites aisément. D'autre part les « serres et autres tunnels » sont classés sous la nomenclature « bâti indéterminé » ou « bâti non permanent » dans les bases BD Topo et cadastrale. Elles sont de ce fait difficilement détectables à l'échelle du bassin versant de la Loire.

3.3.4. *Zones d'enjeux « plus faibles » économiquement et classables dans la catégorie des futures ZEC*

Les zones classées ici sont des zones dont les valeurs économiques sont soit plus faibles, soit les zones pour lesquelles l'acceptabilité de l'inondation est supérieure à celles identifiées précédemment.

3.3.4.1. *Zones agricoles hétérogènes et d'occupation des sols complexe*

Ces zones sont issues de la classe « 24 » (dite « zones agricoles hétérogènes ») de la base de données Corine Land Cover. Elles se caractérisent par une occupation variée des sols, avec un parcellaire le plus souvent dense,

parfois non-remembré. La détermination de la potentialité de ces zones en ZEC potentielle est moins précise compte tenu de la nature même des informations figurant dans la base de données.

3.3.4.2. *Zones boisées*

Les zones boisées peuvent être propices et accepter le stockage des eaux lors des inondations. La présence des arbres permet de ralentir les écoulements et favorise une relative élévation locale de l'eau. Dans la majorité des cas, l'inondation de ces zones ne cause pas de dommages trop importants aux entités submergées. S'il s'agit de plantations, les arbres qui sont présents doivent être des espèces hygrophiles, pouvant accepter une submersion temporaire.

La donnée est extraite de la base de données Corine Land Cover. Les zones boisées y sont bien identifiées et leurs surfaces suffisamment importantes pour être détectées (classes⁴ 31, 322, 323, 324, 333 de la base de données).

3.3.4.3. *Zones de pâtures (permanentes et temporaires)*

Les zones de pâtures (permanentes et temporaires) présentent une certaine acceptabilité de l'inondation et une capacité d'absorption pouvant être importante (pas de tassement lié aux labours). Du point de vue économique, ces zones ont une plus faible rentabilité et ne sont pas directement reliées à la production (sauf production de fourrage).

Ces zones de pâturages sont également obtenues à partir de la typologie de la base de données Corine Land Cover (classes 231 et 321).

3.3.4.4. *Zones de grandes cultures*

Il s'agit le plus souvent de grandes parcelles présentant des cultures homogènes. On y trouve des cultures de céréales (Blé, Mais, riz, Orge, Avoine, etc.). Plus localement il serait possible d'y rencontrer de la betterave sucrière et des pommes de terre.

Lorsque ces zones sont exploitées dans le lit majeur, le parcellaire est peu dense, les limites de parcelles uniquement détectables par la différence des cultures. La configuration est le plus souvent celle de « l'open field » (champs ouverts sans haies).

Cette catégorie est issue de la classe « 21 » de la base Corine Land Cover.

D'une manière générale et même si les zones agricoles peuvent être considérées comme de moindres enjeux (par rapport aux zones urbanisées), l'inondation de ces secteurs agricoles a des incidences sur les exploitations concernées et génère des dommages. Ceux-ci sont fonction des modalités d'inondation (fréquence, hauteur de submersion, etc.) mais également des modalités de retrait de l'inondation.

⁴ Cf. nomenclature de la base de données Corine Land Cover en Annexe 3.

3.3.4.5. Zones humides

Ces espaces humides peuvent constituer des zones intéressantes et contribuent bien souvent au laminage des crues. Elles sont identifiées à partir des données de la base de données BD Lisa, des zones naturelles classées (Natura 2000, Ramsar, ainsi que via les classes 41 et 51 de la base de données Corine Land Cover).

Même si leur capacité de rétention peut être relativement faible du fait de la présence permanente de l'eau saturant la surface et les horizons supérieurs, la forme et la diversification des espèces naturelles, la pente locale, favorisent le stockage de l'eau lors du débordement dans le lit majeur. Par ailleurs, ces espaces peuvent être mobilisés relativement tôt en cas d'inondation (submersion précoce par rapport à la pointe de la crue).

3.4. Identification de la potentialité de chaque maille de faire partie d'une Zone potentielle d'Expansion des crues

3.4.1. Étape 1 : Méthodologie de hiérarchisation des mailles de 75 m x 75 m

L'occupation des sols influe sur le fait que chaque maille puisse ou non être considérée comme une ZEC potentielle. Dans un premier temps, une note de potentialité est affectée à chaque maille en fonction de l'occupation de celle-ci, comme présenté dans le tableau suivant.

Cette notation repose sur le fait que les différentes occupations du sol peuvent être classées dans l'ordre décroissant suivant (de celles qui sont le plus compatibles avec la notion de ZEC à celles qui le sont moins) :

- zones humides,
- zones de pâtures et boisées,
- zones de grandes cultures,
- zones agricoles hétérogènes,
- zones de culture à forte valeur ajoutée,
- zones faiblement urbanisées,
- zones moyennement urbanisées,
- zones densément urbanisées.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Occupation des sols	Définition	Note affectée si la part de la maille occupée par le type = 100%	Classe de la nomenclature Corine Land Cover ⁵
Zone humide	ZEC très favorable	11	41, 42
Prairie - Bois	ZEC favorable	10	231, 244, 31, 32, 33
Grandes cultures	ZEC envisageable	9	21
Zones de cultures complexes	ZEC possible sous réserve	6	241, 242, 243
Zone agricole à haute valeur ajoutée et occupation humaine de loisirs	ZEC peu favorable	3	14, 22, 241
Zones faiblement urbanisées	ZEC peu favorable	2	112
Zones moyennement urbanisées	ZEC très peu favorable	1	111, 12, 13
Zones densément urbanisées	Non ZEC	0	111

Tableau 3 : Affectation d'une note de potentialité de ZEC en fonction de l'occupation de chaque maille

Si les mailles sont représentées par plusieurs entités, l'affectation de la note repose sur l'exploitation d'un algorithme dit « arbre de décision », présenté ci-après :

⁵ Cf. Annexe 3 pour la nomenclature de la base de données Corine Land Cover

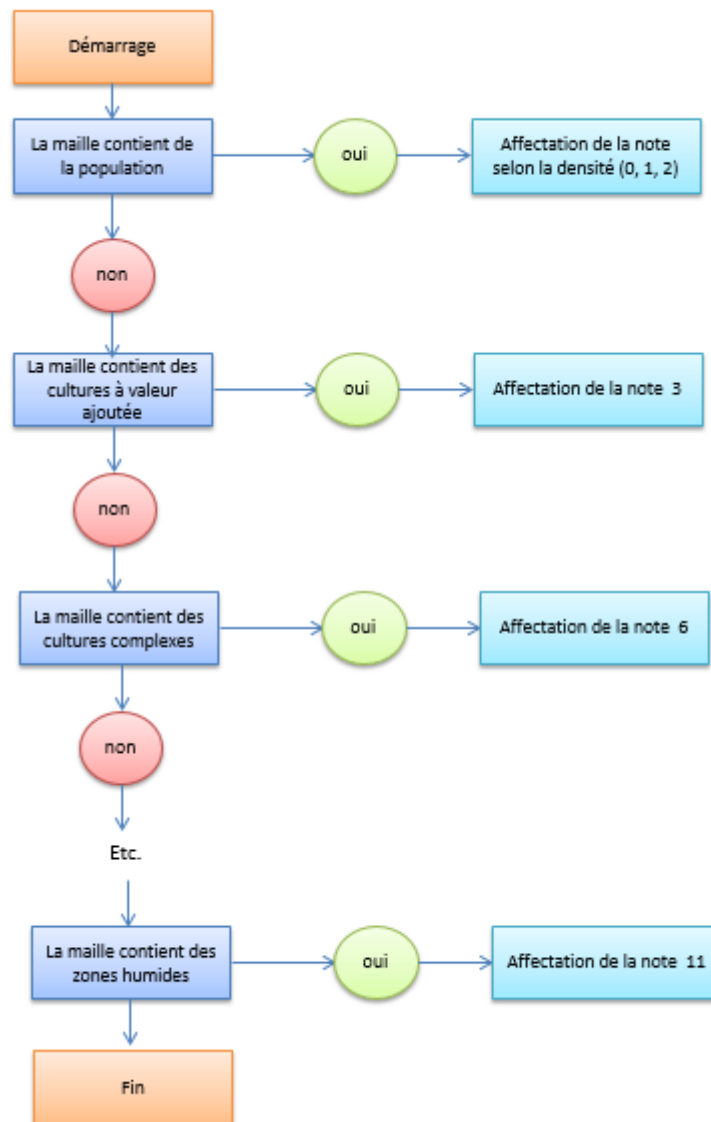


Figure 22 : Arbre de décision pour l'affectation des notes aux mailles individuelles

À ce stade, les mailles sont donc classées en fonction de leur « acceptabilité » à l'inondation.

3.4.2. Étape 2 : Intégration de l'évolution des territoires et de l'augmentation potentielle de la vulnérabilité

À ce stade de l'approche on dispose seulement d'une vision statique de la problématique. Il est nécessaire d'intégrer dans la réflexion les tendances d'évolution des territoires. À l'échelle du bassin de la Loire, il est difficile d'appréhender ces phénomènes par le biais des documents d'urbanisme ou des données d'évolution de la population.

Ces dernières informations peuvent donner une tendance au niveau d'une commune entre deux recensements par exemple. Outre la question de l'échelle de temps prise en compte, cette information n'est pas spatialisée et ne permet pas d'appréhender les mailles qui seraient concernées.

La pression urbaine s'exerce essentiellement en bordure des zones déjà urbanisées. Les mailles seront considérées comme subissant une pression lorsqu'elles sont contiguës d'objets de Corine Land Cover de classe 111 à 142 (zones urbanisées et espaces associés).

Ceci peut ainsi conduire à revoir la potentialité associée à chaque maille que celle-ci soit associée à une ZEC ou non, sur la base de l'échelle de notation présentée dans le Tableau 3 en page 54.

3.4.3. Étape 3 : Intégration d'enjeux ponctuels

Lors de cette étape, il s'agit d'intégrer des enjeux qui peuvent être présents sur le territoire et qui vont pondérer de manière défavorable chaque maille.

Intégration de l'enjeu stratégique complémentaire	Valeur de la note de ZEC affectée	Commentaire
Bâtiment classé	ZEC = 1	La note de la maille est remplacée par la valeur « 1 »
ICPE,	ZEC = 1	La note de la maille est remplacée par la valeur « 1 »

Tableau 4 : Pondération de la note de chaque maille en tenant compte des enjeux stratégiques / sensibles

Autrement dit, lorsque ces éléments sont présents dans une maille, ils sont « discriminants » dans l'analyse et conduisent à considérer que la maille ne peut pas être considérée comme une ZEC potentielle.

3.4.4. Synthèse

Les notes de potentialité de ZEC retenues ainsi qu'une illustration des résultats obtenus au droit du val d'Authion sont présentées respectivement sur le Tableau 5 et sur la Figure 23 ci-après.

En complément du présent rapport, une base de données SIG est disponible à l'échelle du bassin versant et précise la potentialité que chaque maille de 75 m de côté ait les caractéristiques associées à une ZEC potentielle.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

	Classe enjeux	Valeur	Source	Prise en compte
OCCUPATION DU SOL	Urbain continu	0	Corine Land Cover	Si urbain continu >10% de maille
	Urbain économique	1	Corine Land Cover	Si urbain continu+éco >10% de maille
	Urbain discontinu	2	Corine Land Cover	Si urbain >10% de maille
	Agriculture Forte Valeur Ajoutée	3	Corine Land Cover	Si urbain + agriculture FVA >10% de maille
	Agriculture	9	Corine Land Cover	Classe la plus représentée, sous réserve que Urbain + agriculture FVA <10% de maille
	Forêts, milieux naturels	10	Corine Land Cover	
	Prairies	10	Corine Land Cover	
	Zones humides	11	Corine Land Cover	
	Cours d'eau et grandes retenues	20	Corine Land Cover	Les cours d'eau et grandes retenues ne seront pas considérées comme des ZEC
POPU.	Densité de population forte	0	Car200INSEE+BDTopo	Si densité en ZI > 15hab/ha
	Densité de population moyenne	1	Car200INSEE+BDTopo	Si densité en ZI entre 3 et 15hab/ha
	Densité de population faible	2	Car200INSEE+BDTopo	Si densité en ZI < 3hab/ha
AUTRE	Ecoles	0	Ministère de l'éducation	Si école dans maille
	ICPE	1	GeoRisques	Si ICPE dans maille
	Site classé (patrimoine)	1	MEDD	Si site classé dans maille
	Pression urbaine	2	Corine Land Cover	Si maille classée en prairie ou grande culture ET en bordure de zone urbaine
	Voie ferrée	5	BDTopo	Si voie ferrée dans maille
	Route nationale	5	BDTopo_importance1	Si réseau routier d'importance nationale dans maille
	Route départementale	6	BDTopo_importance2	Si réseau routier d'importance départementale dans maille

Tableau 5 : Notes de potentialité de ZEC associées à chaque maille de 75 m

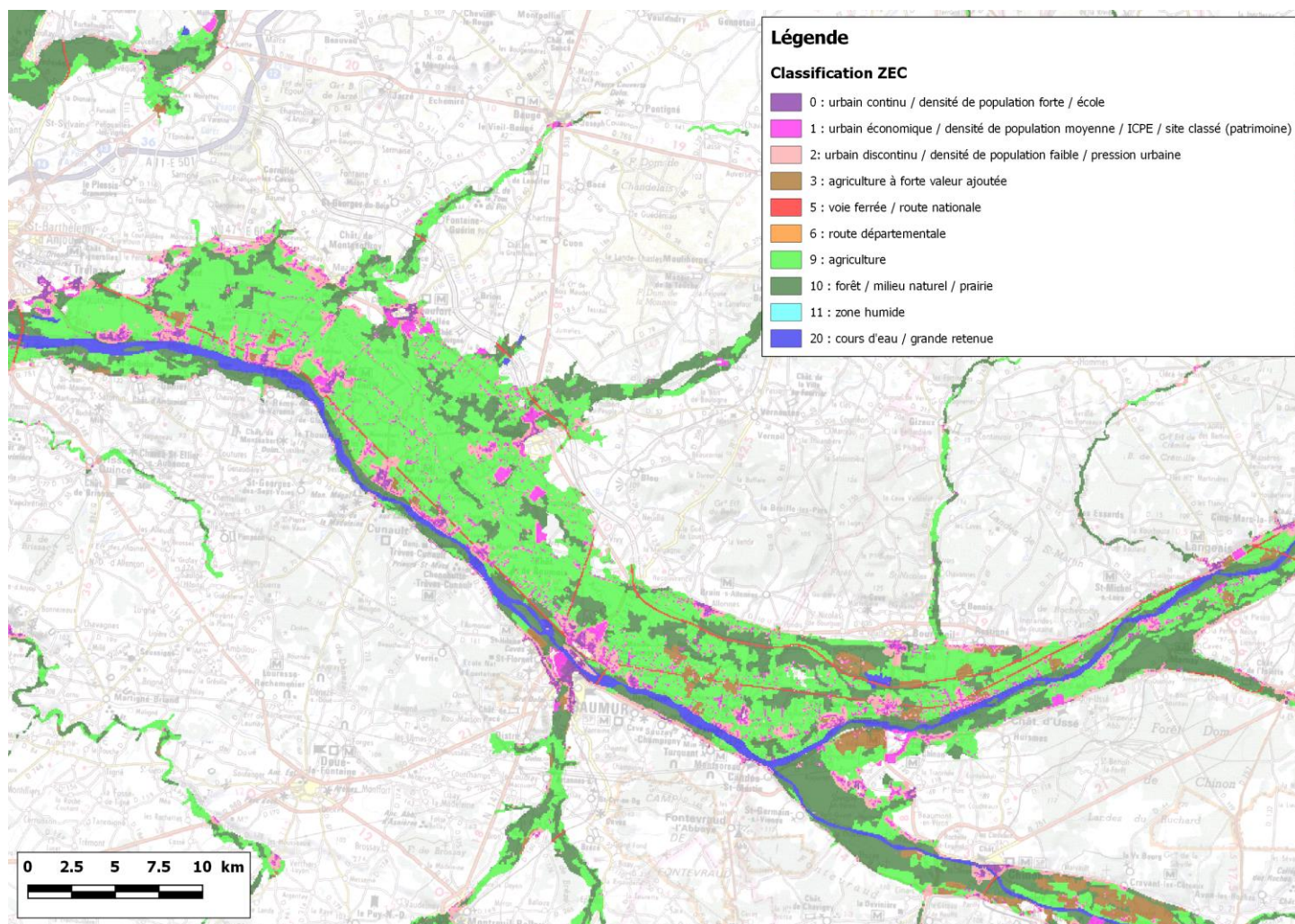


Figure 23 : Exemple de potentialité de ZEC au droit du val d'Authion

3.5. Tentative de regroupement des mailles de 75 m et de définition de ZEC potentielles

3.5.1. Méthode de regroupement des mailles et limites associées à cette échelle

Le regroupement des mailles a pour objectif de faire émerger les zones favorables à l'expansion des crues de celles regroupant des enjeux. Nous avons considéré que les valeurs des mailles potentiellement « favorables » (et pouvant correspondre à une ZEC potentielle) sont celles présentant les notes de 9 (inclus) à 11 de la classification. Les mailles considérées comme présentant des enjeux, sont toutes les mailles pour lesquelles la note finale est strictement inférieure à 9.

Ces regroupements donnent naissance à des zones qui sont constituées automatiquement par l'agrégation des mailles de valeur appartenant aux 2 classes précédemment évoquées. Ce regroupement s'effectuant par analyse de la continuité des valeurs, plusieurs configurations sont obtenues :

- ZEC potentielles relativement homogènes et ne comportant pas d'enjeu significatif,
- ZEC potentielles comportant des enjeux plus ou moins importants, en plus ou moins grande densité, etc.

Il est donc possible théoriquement d'obtenir par ce biais des contours de ZEC potentielles à l'intérieur desquelles, se trouvent de l'habitat isolé, des parcelles à forte valeur ajoutée ou des portions de zones urbaines. Ces zones de ZEC peuvent ainsi s'étendre sur plusieurs kilomètres le long d'un cours d'eau, et soit indépendamment, soit conjointement sur les deux rives.

L'étude montre que l'on rentre très vite dans une analyse au cas par cas et qu'à cette échelle, avec les données disponibles, il est difficile d'aller plus loin. La délimitation des ZEC potentielles pose de nombreuses questions qui nécessitent de passer une échelle locale :

- quelle « quantité » d'enjeux doit être prise en compte et à partir de quand on ne se situe plus dans une ZEC potentielle, sachant que les enjeux sont souvent présents de manière discontinue (en cas de continuité, la limite de la ZEC apparaît relativement clairement) ?
- le rôle des infrastructures linéaires ou ferroviaires. A cette échelle, la topographie n'est pas connue avec précision tout comme leur inondabilité. Ces éléments constituent en effet bien souvent des limites de ZEC.
- les hauteurs de submersion acceptables / mobilisables en fonction de la topographie du secteur d'étude, etc.
- etc.

Délimiter une ZEC nécessite d'ores et déjà de :

- se projeter sur ses modalités de fonctionnement (zone naturellement inondable, zone que l'on souhaite surinonder par exemple en s'appuyant sur une infrastructure située en aval voire zone qui peut pour partie être aménagée),
- qualifier la gamme de période de retour de crue pour laquelle elle peut être sollicitée,
- apprécier son acceptabilité (présence d'enjeux de toutes natures au sein de cette dernière ou en périphérie),
- mesurer la faisabilité technique pour un objectif donné,

- etc.

C'est la raison pour laquelle nous préférons parler de ZEC potentielle.

Ceci incite également à utiliser des données plus précises, qui peuvent être disponibles et être manipulables à une échelle plus réduite que celle de l'ensemble du bassin versant de la Loire.

Ceci est plus particulièrement l'objet de la phase 3 de la présente étude qui vise à étudier des ZEC potentielles à une échelle locale.

C'est la raison pour laquelle les résultats fournis ci-après sont à manipuler avec précaution. Ils visent avant tout à mettre en évidence différentes typologies et à caractériser / synthétiser le travail réalisé, en précisant par exemple la taille des ZEC potentielles, donnant des ordres de grandeur sur les volumes associés, etc.

3.5.2. Méthode de délimitation des ZEC potentielles et principales caractéristiques associées

Dans le cas présent, nous avons identifié des limites de ZEC potentielles à partir du découpage en mailles réalisé précédemment en ayant recours aux étapes suivantes :

- en regroupant les mailles présentant les valeurs les plus favorables (note de 9 à 11),
- en découpant automatiquement ces secteurs, lorsque le réseau hydrographique est intercepté (qui correspond aux polygones de délimitation du lit mineur dans la base de données Corine Land Cover), ou que des enjeux sont présents,
- en découpant manuellement et « grossièrement » les contours obtenus, dans les zones où la segmentation automatique par le logiciel est impossible, mais où l'analyse morphologique et l'analyse de l'urbanisation montrent que la ZEC potentielle doit de toute évidence être interrompue.

Ce découpage produit des espaces de ZEC potentielles dont les surfaces varient de 0,5 ha à 50 300 ha. Le tableau ci-après présente la répartition des surfaces de ZEC potentielles.

Classe de surface	Nombre de ZEC	Surface cumulée (ha)
0 à 5 ha	2 564	5 463 1 %
5 à 10 ha	911	6 584 1 %
10 à 50 ha	1 612	37 097 8 %
50 à 100 ha	492	35 019 7 %
100 à 500 ha	554	117 364 23 %
500 à 27 270 ha	175	299 462 60 %

Tableau 6 : Cumul des surfaces totales par classe de surface de ZEC potentielle

Sur les 6 300 ZEC potentielles déterminées, 2 000 ont une surface inférieure à 3 ha et 2 800 environ ont une surface supérieure à 10 ha. Les 175 plus grandes ZEC potentielles représentent 60 % des surfaces d'écroulement probables.

Les ZEC potentielles ayant des surfaces inférieures ou égales à 3 ha ont été éliminés des traitements ultérieurs et qui sont présentés dans les paragraphes suivants. Il s'agit souvent d'espaces isolés résultant d'artefact de calcul, entourés de multiples enjeux et présentant de faibles volumes de stockage.

3.6. Typologie des ZEC potentielles

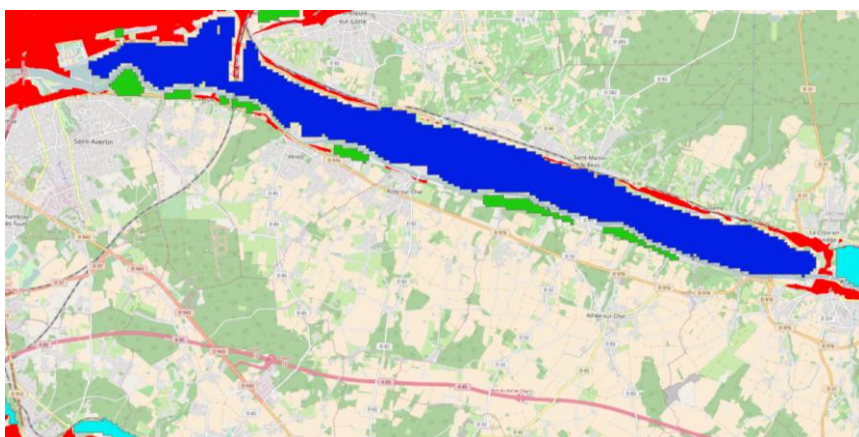
La détermination d'une ZEC potentielle se fait par regroupement des mailles dont l'indicateur est « favorable ». Ce traitement automatique génère différentes configurations de regroupements, de localisation le long des cours d'eau, de positionnement vis-à-vis des enjeux, de situation morphologique.

3.6.1. Homogénéité des ZEC potentielles identifiées

L'étude des ZEC potentielles identifiées permet d'identifier notamment différentes configurations qui sont observables sur tout le linéaire des cours d'eau étudiés.

3.6.1.1. ZEC potentielles présentant une homogénéité de mailles favorables et sans présence d'enjeux

Ces ZEC potentielles sont constituées uniquement de mailles associées à des espaces naturels, des bois, des prairies et des zones cultivées. Ces zones sont capables de stocker le volume d'eau sur toute la surface.



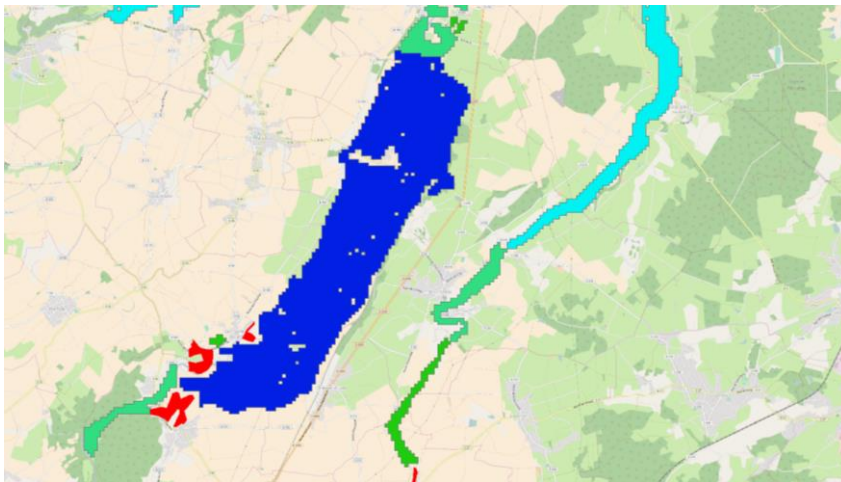
En bleu, un exemple de ZEC potentielle sur le Cher aval de plus de 1 000 ha. La zone est délimitée latéralement par le coteau, ou par des zones d'enjeux côté droit. En rive gauche, on distingue plusieurs petites ZEC potentielle de faible surface. Toutes sont libres d'enjeux dans leur partie centrale.

Fond de plan : Open Street Map.

Figure 24 : Exemple de ZEC potentielle sans enjeux notables

3.6.1.2. ZEC potentielles avec présence d'enjeux isolés de faible densité

Ces ZEC potentielles présentent des enjeux et /ou des constructions isolés de faible densité sur toute ou partie de leur surface. Ces ZEC potentielles sont donc moins favorables dans le sens où elles présentent en leur sein des enjeux ponctuels. Leur détection est réalisée par comptage du nombre de mailles d'enjeux présents dans la zone.



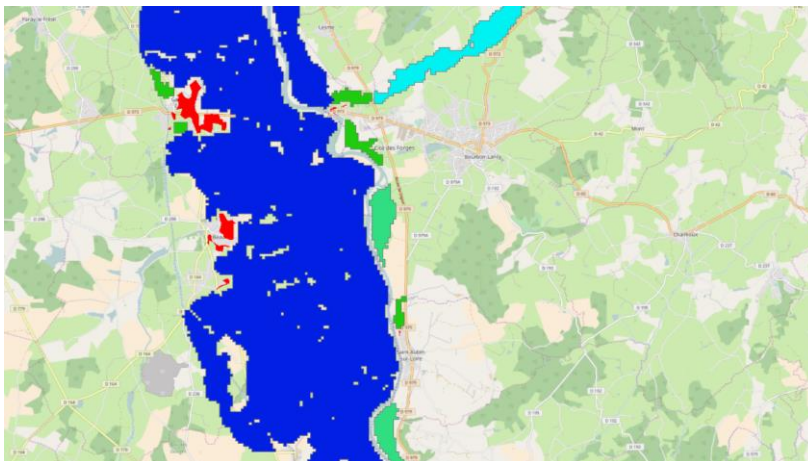
En bleu, exemple de ZEC potentielle sur le bassin de l'Allier de plus de 1000 ha. Les points blancs, matérialisent des habitations ou de petits enjeux ponctuels.

Fond de plan : Open Street Map

Figure 25 : Exemple de ZEC potentielle avec enjeux ponctuels de faible densité

3.6.1.3. ZEC potentielles avec présence d'enjeux isolés de moyenne à forte densité

Ces ZEC potentielles sont semblables au type précédent, mais la densité des constructions et /ou des enjeux est bien plus importante. Ces zones « habitées » sont soit réparties sur toute la surface de la ZEC potentielle, soit en partie seulement. Dans ce dernier cas, cela peut contribuer à réduire l'efficacité associée à la ZEC potentielle. La différence entre cette configuration et la précédente repose sur la densité des mailles d'enjeux par rapport à la surface de ZEC potentielles.



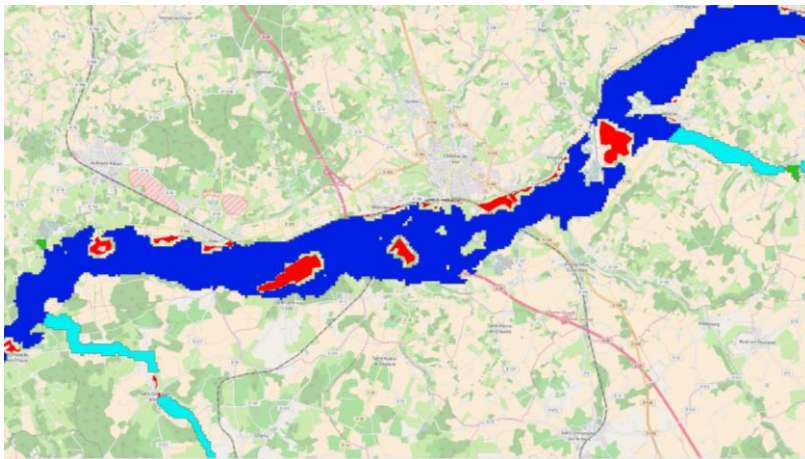
En bleu, exemple de ZEC potentielle sur la Loire amont de plus de 1000 ha. Des enjeux sont présents dans la ZEC de manière ponctuelle. La densité est importante.

Fond de plan : Open Street Map

Figure 26 : Exemple de ZEC potentielle avec enjeux isolés densément positionnés

3.6.1.4. ZEC potentielle avec présence de zones d'enjeux peu denses

Ces ZEC potentielles se présentent sous la forme de polygones « à trous » (les trous matérialisant les zones d'enjeux). La plus ou moins grande densité de ces enjeux est calculée à partir du nombre de « trous » présents dans la ZEC potentielle.



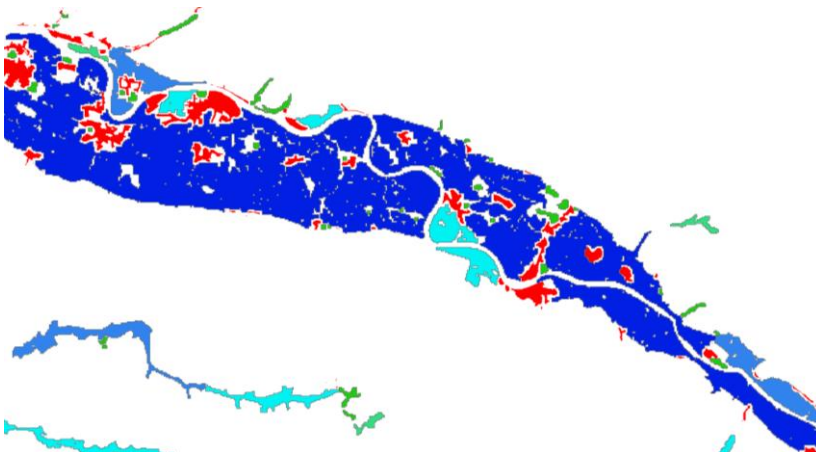
En bleu, exemple de ZEC potentielle sur le Loir de plus de 1000 ha. La ZEC potentielle est localement interrompue par des zones urbanisées, et des petits bourgs. A cette échelle, elle présente une certaine continuité.

Fond de plan : Open Street Map.

Figure 27 : Exemple de ZEC potentielle avec enjeux urbains de taille significative

3.6.1.5. ZEC potentielle avec présence de zones d'enjeux denses et nombreuses insérées dans la zone naturelle

Ces ZEC potentielles sont situées soit dans les vals endigués de la Loire, soit entre des zones urbanisées. Elles sont le plus souvent limitées en amont et en aval par des enjeux urbanisés, ou des digues, et peuvent soit serpenter entre des bourgs (pour lesquels il serait nécessaire ultérieurement de réaliser des analyses fines sur leur positionnement altimétrique), soit être « contenues » entre des zones habitées plus ou moins denses, mais continues (cas du val d'Ouzouer, du val d'Orléans, du val de Cisse et du val d'Authion par exemple).



Vue des vals d'Orléans, et d'Ouzouer sur la Loire moyenne qui présentent des configurations complexes. En amont des zones urbanisées dans la ZEC potentielle. Dans les portions aval, la ZEC potentielle se trouve limitée par les zones bâties.

Figure 28 : Exemple de ZEC potentielle en présence des zones urbaines denses

3.6.2. Synthèse des différentes configurations de ZEC potentielle

Pour apprécier les différentes configurations des ZEC potentielles, un indicateur a été calculé de la manière suivante :

- le nombre de « trous » dans la ZEC potentielle, où les zones sont classées de 0 à 4 en fonction du nombre d'entités présentes,
- la surface de ces « trous », où les zones sont classées de 1 à 5.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

L'indicateur est calculé par simple multiplication. Les valeurs obtenues sont à nouveau classées et synthétisées dans le tableau ci-après. Il synthétise également le nombre de ZEC potentielles et les surfaces concernées.

Résultat	Classe de configuration	Nombre de ZEC potentielle par type	Surfaces concernées en ha
1	ZEC sans enjeux notables	3 970	182 250
4	ZEC avec présence d'enjeux diffus peu denses	95	22 865
6 à 9	ZEC avec présence d'enjeux diffus moyennement dense à dense	79	32 000
12 à 16	ZEC avec présence d'enjeux urbains peu denses	86	91 985
20	ZEC avec présence d'enjeux urbains denses	81	171 860

Tableau 7 : Identification des différentes configurations des ZEC potentielles

L'analyse montre que les ZEC potentielles situées dans des environnements à forte densité d'enjeux occupent un espace équivalent à celui de l'ensemble des ZEC sans enjeux du bassin versant (171 000 contre 182 000).

3.6.3. Positionnement dans le bassin versant de la Loire

Les ZEC potentielles ont été classées en 3 catégories selon la taille du cours d'eau et son positionnement dans le bassin versant. La typologie est bâtie sur la classification de la base de données BD Carthage (cours d'eau principaux), affinée en fonction de la largeur de la vallée. Ces 3 catégories sont présentées dans le tableau suivant :

Catégorie	Classe Carthage d'origine	Liste des cours d'eau			
1a	1	Loire moyenne et aval Loire amont aval de Villerest Vienne aval de la confluence avec la Creuse Creuse aval de la confluence Anglin, Gartempe Cher aval de la confluence avec l'Arnon		Allier aval de la confluence avec la Sioule Mayenne aval Sarthe Aval Loir Aval	
1b	1	la Besbre la Cisse la Claise la Creuse amont la Dore la Gartempe la Loire amont de Villerest la Maine	la Mayenne la Sarthe la Sauldre la Sèvre Nantaise la Sioule la Vienne amont de la Creuse l'Allier l'Arconce	l'Arnon l'Aron l'Arroux le Beuvron le Brivet le Cher amont le Clain le Cosson	le Loir amont le Taurion le Thouet les Livrées l'Huisne l'Indre l'Oudon l'Yèvre
2 et +	2 et +	Les autres cours d'eau du bassin de la Loire pris en compte dans cette étude			

Tableau 8 : Catégorisation des cours d'eau

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Classe de Surface	2et+	1b	1a	Total général
0 à 5 ha	434	133	78	645
5 à 10 ha	589	149	120	858
10 à 50 ha	1 082	283	217	1 582
50 à 100 ha	328	99	65	492
100 à 500 ha	295	161	103	559
500 à 27 270 ha	30	67	78	175
Total général	2 758	892	661	4 311

Tableau 9 : Répartition du nombre de ZEC potentielles par classe de surface selon l'ordre du cours d'eau

Cette analyse donne une idée de la répartition géographique des ZEC potentielles sur le bassin versant (localisation plutôt sur la partie amont de ce dernier, sur des affluents ou sur des cours d'eau plus importants voire sur la Loire elle-même).

Les ZEC potentielles situées sur les cours d'eau d'ordres supérieurs à la classe « 1 » représentent 64 % des ZEC potentielles du bassin versant. La taille médiane de ces ZEC se situe autour de 50 ha. La part des ZEC dont la surface est comprise entre 100 et 500 ha est surreprésentée dans cette classe (295 entités identifiées contre 264 pour les cours d'eau principaux), probablement en raison de la configuration spécifique d'agrégation des mailles dans ces zones amont : les ZEC sont délimitées de manière globale sur les deux rives du cours d'eau.

De cette analyse, il ressort que 175 ZEC potentielles de plus de 500 ha sont identifiées sur le bassin de la Loire. 30 d'entre elles sont localisées sur des « petits » cours d'eau (catégorie 2 et plus).

3.6.4. Hauteurs d'eau moyennes et maximales dans l'emprise des ZEC potentielles

Nous avons déterminé les hauteurs de submersion et les volumes associés à chaque maille de 75 m de côté (et par voie de conséquence à chaque ZEC potentielle). Les hauteurs de submersion correspondent à la couche d'aléa inondation⁶ définie précédemment (et qui correspond sensiblement à une occurrence centennale). Elles ont été obtenues par croisement entre l'enveloppe de l'aléa inondation et le Modèle Numérique de Terrain réalisé à partir de la base de données BD Alti de l'IGN⁷. Chaque maille de la BD Alti intersectant le contour de l'aléa fournit une cote. Après homogénéisation, les cotes sont utilisées pour calculer les hauteurs d'eau à l'intérieur de la zone inondée.

Il ne s'agit ici que d'ordre de grandeur tant pour les hauteurs de submersion que pour les volumes stockés. Il convient de rappeler que l'exactitude altimétrique de la base de données BD Alti de l'IGN est métrique à plurimétrique.

Par ailleurs, en particulier en cas de pente relativement marquée en bordure de la zone inondable, au raccordement d'un coteau, l'estimation de la hauteur d'eau et du volume peut être sous-estimée ou surestimée puisque la cote figurant dans le Modèle Numérique de Terrain peut être « mal » définie.

⁶ Cf. paragraphe 3.2. L'aléa inondation correspond aux emprises des zones inondables définies par les TRI, les PPRI et les AZI ou à défaut, par les données figurant dans la BD Lisa et par la méthode de l'indice topographique.

⁷ Pour faire cet exercice, nous nous sommes appuyés sur la BD Alti au pas de 25 m de l'IGN.

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

L'exercice n'a d'autre vocation que de fournir des ordres de grandeur des caractéristiques des ZEC potentielles obtenues ; ces derniers devant être précisés par une analyse au cas par cas et locale dès lors que l'on souhaite rentrer en phase opérationnelle.

Enfin, il convient de rappeler que ces grandeurs sont associées à un aléa d'ordre centennal qui peut s'avérer acceptable ou non au regard des enjeux rencontrés dans les ZEC potentielles ou en périphérie.

Nous avons déterminé une hauteur d'eau moyenne, qui correspond à la moyenne des hauteurs de submersion associées à chaque maille de 75 m qui compose la ZEC potentielle.

Le tableau suivant classe les différentes surfaces de ZEC potentielles en fonction des hauteurs d'eau moyennes estimées. 5 classes de hauteurs sont définies. Elles correspondent aux seuils classiques d'une analyse de vulnérabilité :

- $h < 0,5$ m : inondation de la zone, faible impact sur les enjeux,
- $0,5 \leq h < 1$ m : inondations observables dans les logements et entreprises, routes coupées,
- $1 \leq h < 1,5$ m : seuil d'endommagement des logements et d'un grand nombre d'entreprises industrielles, installations réseaux,
- $1,5 \leq h < 3$: fin de l'endommagement du rez-de-chaussée des enjeux,
- $h \geq 3$ m : endommagement du premier étage des enjeux.

Classe de surface	$h < 0,5$ m	$0,5 \leq h < 1,0$ m	$1,0 \leq h < 1,5$ m	$1,5 \leq h < 3,0$ m	$h \geq 3,0$ m
0 à 5 ha	292	154	67	74	58
5 à 10 ha	363	211	97	115	72
10 à 50 ha	510	495	205	221	151
50 à 100 ha	105	142	86	123	36
100 à 500 ha	82	178	119	125	55
500 à 27 270 ha	5	36	32	69	33
Total général	1357	1216	606	727	405

Tableau 10 : Nombre de ZEC potentielles par classes de surface et hauteurs de submersions calculées

Classe de surface	$h < 0,5$ m	$0,5 \leq h < 1,0$ m	$1,0 \leq h < 1,5$ m	$1,5 \leq h < 3,0$ m	$h \geq 3,0$ m
0 à 5 ha	1 148	619	268	291	234
5 à 10 ha	2 592	1 535	699	829	505
10 à 50 ha	11 185	11 667	5 068	5 294	3 539
50 à 100 ha	7 475	10 015	6 023	8 956	2 552
100 à 500 ha	14 822	38 909	26 160	25 404	13 011
500 à 27 270 ha	4 926	39 560	49 365	133 396	75 502
Total général	42 150	102 307	87 587	174 173	95 346

Tableau 11 : Surfaces (ha) de ZEC potentielles par classe et hauteurs de submersions calculées

3.6.5. Hauteurs d'eau et présence d'enjeux au sein des ZEC potentielles

Le croisement entre les classes de hauteurs d'eau et la typologie d'occupation des ZEC potentielles par une plus ou moins grande quantité et densité d'enjeux est présentée dans le tableau ci-après. Il détaille les surfaces cumulées concernées.

Classes d'enjeux dans les ZEC potentielles	$h < 0,5 \text{ m}$	$0,5 \leq h < 1,0 \text{ m}$	$1,0 \leq h < 1,5 \text{ m}$	$1,5 \leq h < 3,0 \text{ m}$	$h \geq 3,0 \text{ m}$
ZEC enjeux diffus moyen denses	2 053	10 295	8 320	7 807	3 528
ZEC enjeux diffus peu denses	1 652	5 960	2 290	10 233	2 730
ZEC enjeux urbain peu denses	2 580	18 306	8 143	50 280	12 676
ZEC enjeux urbains denses	3 439	11 648	32 804	65 197	58 776
ZEC sans enjeux notables	32 429	56 099	36 030	40 657	17 637
Total général	42 151	102 308	87 587	174 174	95 346

Tableau 12 : Surfaces cumulées (ha) par classes d'enjeux dans les ZEC potentielles, en fonction de la hauteur calculée

Le tableau montre que sur les 175 000 ha de ZEC potentielles pouvant être inondables par des hauteurs comprises entre 1,5 et 3 m, les ZEC potentielles pour partie urbanisées y représentent près de 65 % (110 000 ha environ).

3.6.6. Estimation du volume stocké dans les ZEC potentielles

Comme indiqué précédemment, il s'agit du volume stocké associé à un aléa d'ordre centennal.

Classe de surface	Volume (Mm ³)		Volume moyen par ZEC potentielle en Mm ³
0 à 5 ha	58	1%	-
5 à 10 ha	86	1%	0.09
10 à 50 ha	513	5%	0.31
50 à 100 ha	548	5%	1.11
100 à 500 ha	1 919	19%	3.5
500 à 27 270 ha	7 103	69%	42

Tableau 13 : Calcul des volumes moyen par classe de surface de ZEC potentielle

Les ZEC potentielles sont classées en fonction de leur volume moyen. Les volumes obtenus sont progressifs et fonction de la surface.

3.6.7. Positionnement des ZEC potentielles et hauteurs d'eau

Le croisement entre les différentes positions des ZEC potentielles dans le bassin (classification en 3 catégories telle que présentée dans le paragraphe 3.6.3) et les surfaces cumulées en fonction des hauteurs d'eau rencontrées est présenté dans le tableau suivant :

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Classe de hauteur d'eau en m	2et+	1b	1a
$h < 0,5$	31 706	6 375	4 070
$0,5 \leq h < 1,0$	58 040	33 831	10 437
$1,0 \leq h < 1,5$	26 641	48 732	12 214
$1,5 \leq h < 3,0$	28 289	48 367	97 518
$h \geq 3,0$	759	6 925	87 662
Total général	145 435	144 230	211 901

Tableau 14 : Surfaces cumulées de ZEC potentielles en fonction du positionnement versant dans le bassin et de la hauteur d'eau moyenne

Le tableau montre que les surfaces de ZEC potentielles entre les « petits » cours d'eau et le réseau principal amont sont proches. Il montre également qu'il existe une capacité de stockage intéressante sur les affluents dans la tranche de hauteur d'eau 0,5 à 1m, puisque les surfaces considérées sont respectivement de 58 000 et 33 800 ha pour les catégories 2 et + et 1b.

L'analyse confirme que les cours d'eau principaux présentent une grande capacité de stockage, mais essentiellement liée à une hauteur d'eau importante. Sur les 210 000 ha environ de capacité de ces grandes rivières, 185 000 ha environ présentent une submersion potentielle supérieure à 1,5 m. L'analyse des enjeux présente au sein de ces ZEC potentielles est donc primordiale dans ces secteurs.

3.6.8. Positionnement des ZEC potentielles et enjeux

L'indicateur est calculé par croisement entre la catégorie de la ZEC potentielle et les enjeux qui y sont présents. Deux informations sont associées, les surfaces cumulées pour chaque type, et les volumes stockables.

Classe d'enjeux dans les ZEC potentielles	2et+	1b	1a
ZEC enjeux diffus moyen denses	11 683	11 063	9 256
ZEC enjeux diffus peu denses	7 692	6 081	9 092
ZEC enjeux urbain peu denses	15 997	29 856	46 132
ZEC enjeux urbains denses	5 432	45 835	120 596
ZEC sans enjeux notable	104 631	51 394	26 826
Total général	145 435	144 230	211 901

Tableau 15 : Surfaces cumulées (ha) par classe d'enjeux dans les ZEC potentielles en fonction du positionnement dans le bassin

Le tableau montre que dans les ZEC potentielles des cours d'eau principaux, la présence d'enjeux urbains dense est importante. Le poids des vals de la Loire Moyenne est important dans ce calcul (notamment vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion).

Néanmoins, les résultats confirment bien les problématiques rencontrées par les gestionnaires dans leur recherche de zones potentielles d'expansion des crues, exemptes d'enjeu notable. Les ZEC potentielles situées dans les segments amont des cours d'eau principaux présentent cette capacité de stockage avec de moindres problématiques socio-économiques, 51 400 ha environ sont théoriquement mobilisables.

3.7. Prolongement de la démarche à une échelle locale sur une dizaine de sites

La démarche présentée précédemment doit être prolongée à une échelle locale au cours de la phase 3 de la présente étude (cette phase ne fait pas l'objet du présent rapport). L'objectif est de réaliser sur une dizaine de sites « pilotes » d'une surface de quelques hectares à quelques centaines d'hectares, une analyse plus fine visant en particulier à souligner les espaces qui doivent faire l'objet de préconisations d'actions sur ces territoires. La réflexion sera étayée par une analyse de type coûts / bénéfices afin d'apprécier l'incidence de la sollicitation de ces territoires et le bénéfice attendu.

A cette échelle, la démarche pourra s'appuyer sur des données plus précises tant pour ce qui concerne l'appréciation de l'aléa inondation que la vulnérabilité des enjeux.

Elle pourra être réalisée sur le périmètre de TRI et/ou de SAGE, en lien étroit avec les structures porteuses de ces démarches. Elle valorisera également les structures qui ont porté un intérêt particulier pour cette thématique (liste non arrêtée à ce jour) et notamment sur l'Allier, le Loir et la Loire en Rhône-Alpes.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Établissement Public Loire

*Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes
d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA*

***Annexe 1 : Liste des principales études
consultées***

(4 pages)

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Les principales études consultées dans le cadre de la présente mission sont listées ci-après. Elles sont classées par ordre alphabétique de l'auteur du document et par année de production.

- [1] Antea Group – Val du Petit Louet. Étude sur la problématique inondation – octobre 2014
- [2] Antea Group – Dignes domaniales de Roanne et du Coteau. Étude de dangers – février 2015
- [3] Antea Group – Système d'endiguement de Moulins rive gauche et rive droite. Étude de dangers – juin 2015
- [4] Antea Group – Digue domaniale de Vichy. Système d'endiguement de l'Allier. Étude de dangers de la digue de Vichy rive droite – juin 2015
- [5] Antea Group – Concertation locale engagée vers l'action pour réduire le risque inondation dans les vals du Giennois. Élaboration concertée d'un programme d'actions de réduction des risques d'inondation - juin 2015
- [6] Antea Group – Étude de dangers des digues domaniales de classe B et C de Loir-et-Cher. Système d'endiguement d'Avaray – juin 2016
- [7] Antea Group – Étude de dangers des digues domaniales de classe B et C de Loir-et-Cher. Système d'endiguement de Selles-sur-Cher – juin 2016
- [8] Antea Group – Étude de dangers des digues domaniales de la Loire et de ses affluents dans le département d'Indre-et-Loire. Système d'endiguement de Cinq-Mars-la-Pile/Langeais – en cours
- [9] Antea Group – Étude de dangers des digues domaniales de la Loire et de ses affluents dans le département d'Indre-et-Loire. Système d'endiguement de Villandry/Bréhémont – en cours
- [10] ASCONIT Consultants & HYDRATEC – Compléments et mise à jour des connaissances sur la dynamique fluviale de l'Allier entre Vieille Brioude et le Bec d'Allier – janvier 2007
- [11] ASCONIT Consultants & HYDRATEC – Étude des zones d'expansion de crues sur les affluents de la Sarthe en amont du Mans et analyse des potentialités de préservation et de gestion – novembre 2007
- [12] ASCONIT Consultants & HYDRATEC – Étude des vals de Loire dans les départements du Cher et de la Nièvre – novembre 2011
- [13] ASCONIT Consultants & HYDRATEC – Étude globale de réduction du risque inondation dans le bassin versant du Loir – juin 2013
- [14] BCEOM - Étude des protections locales dans le bassin de la Vienne – inconnue
- [15] BCEOM & LHM - Etudes d'aménagement de la vallée de l'Allier et de la Loire moyenne – novembre 1985
- [16] BCEOM - Aménagement du bassin de la Vienne. Diagnostic de faisabilité de barrages écrêteurs – mai 1986
- [17] BCEOM – Protection contre les inondations du bassin de la Sarthe – octobre 1999

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

- [18] BCEOM - Étude de modélisation des phénomènes de crue au niveau des Basses Vallées Angevines– décembre 2006
- [19] BRL Ingénierie – Étude concertée face au risque inondation dans les vals de l'Orléanais – 2013
- [20] BRL Ingénierie – Étude de dangers du système de protection du val de Briare contre les inondations de la Loire – décembre 2014
- [21] BRL Ingénierie – Étude de dangers du système de protection du val de Chatillon-sur-Loire contre les inondations de la Loire – décembre 2014
- [22] BRL Ingénierie – Étude de dangers du système de protection du val de Gien contre les inondations de la Loire – décembre 2014
- [23] BRL Ingénierie – Étude de dangers du système de protection du val d'Ousson-sur-Loire contre les inondations de la Loire – décembre 2014
- [24] BRL Ingénierie – Étude de dangers du système de protection du val de Saint-Firmin-sur-Loire contre les inondations de la Loire – décembre 2014
- [25] CEMAGREF – Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations. Guide des aménagements associant l'épandage des crues en lit majeur et leur écrêtement dans de petits ouvrages – septembre 2004
- [26] Conseil Régional du Centre-Val de Loire - Programme Opérationnel Interrégional FEDER. Bassin de la Loire 2014/2020 - 2014
- [27] CNR Projets - Étude des crises hydrologiques du bassin de la Maine – mars 2005
- [28] COMOY – Etudes sur les inondations de la Loire – décembre 1860
- [29] DIREN Centre – Les levées de la Loire : des turcies au Plan Loire, huit siècles d'évolution - 2004
- [30] Deft Hydraulics - Point de vue extérieur sur la gestion des inondations en Loire moyenne – août 2006
- [31] DREAL Centre - Étude de dangers de la levée d'Orléans digues de classes A – décembre 2012
- [32] DREAL Centre - Étude de dangers des levées de Tours digues de classes A – juin 2013
- [33] DREAL Centre - Étude de dangers des levées de Loire du val d'Authion digues de classes A – février 2014
- [34] Egis Eau - Réduction de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Allier. Réalisation d'une étude 3P – juin 2011
- [35] Entente Interdépartementale pour l'aménagement du bassin de l'Authion et la mise en valeur de la Vallée de l'Authion - Prospection des zones d'expansion de crues sur le Lathan - en cours
- [36] EPTB Seine Grands Lacs - Réflexion sur la construction d'une méthode permettant de localiser les zones d'expansion des crues naturelles et leur hiérarchisation selon leurs potentialités de gestion par la mise en place d'infrastructures vertes. Exemple du bassin versant amont de la Seine, des sources, jusqu'à la confluence avec l'Aube – en cours

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

- [37] Équipe pluridisciplinaire Plan Loire grandeur nature - Synthèse des propositions pour une stratégie globale de réduction des risques d'inondation par les crues fortes en Loire moyenne - juin 1999
- [38] Établissement public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents (EPALA) – Etudes des écoulements de la Loire entre Villerest et le Bec d'Allier – décembre 1988
- [39] Établissement Public d'Aménagement de la Meuse et de ses Affluents (EPAMA) – Aménagement de la zone de ralentissement dynamique de crue de Mouzon – septembre 2006
- [40] Agriculture & Territoires - Prise en compte de l'activité agricole et des espaces naturels dans le cadre de la gestion des risques d'inondation – avril 2016
- [41] H2Geo environnement – Pré-identification des zones d'expansion de crues à partir de l'analyse hydrogéomorphologique des atlas des zones inondables. Bassin du sud-ouest du Mont Ventoux – octobre 2007
- [42] HYDRATEC – Étude de défense contre les inondations des vals entre Orléans et Beaugency – novembre 1985
- [43] HYDRATEC – Étude de défense contre les inondations entre Cinq-mars-la-Pile et Chouzé – février 1986
- [44] HYDRATEC – Étude de la vallée de l'Indre – mars 1986
- [45] HYDRATEC – Étude globale de gestion des crises hydrologiques et de restauration environnementale du haut bassin de la Loire – mars 2002
- [46] HYDRATEC – PAPI Armançon. Étude de la dynamique fluviale et des potentialités de régulation hydrologique – novembre 2006
- [47] HYDRATEC – Étude de cohérence du bassin de la Maine – décembre 2008
- [48] INGEROP – Rivière le Cher. Aménagements visant à réduire les dommages dus aux inondations dans la vallée du Cher. Définition de listes d'actions possibles dans les domaines de la protection, prévision et prévention – décembre 2004
- [49] INGEROUTE - Étude de diagnostic de la vallée du Cher – juin 1987
- [50] ISL Ingénierie – Étude d'inondabilité du bassin de l'Oudon – juin 2001
- [51] ISL Ingénierie – Étude de recherche de sites de surstockage – juin 2004
- [52] ISL Ingénierie – Étude de surstockage de l'Oudon nord sur le Cheran, l'Hiere et l'Uzère – septembre 2005
- [53] ISL Ingénierie – Schéma de ralentissement dynamique des crues de la Loire dans le département de la Haute Loire – mai 2006
- [54] ISL Ingénierie – Projet d'aménagement du barrage de l'étang de la Guéhardière et des ouvrages annexes de la retenue – décembre 2009
- [55] ISL Ingénierie – Identification des zones naturelles d'expansion des crues sur les bassins versants amont des Territoires à Risques d'Inondation (TRI) du bassin Seine-Normandie - juillet 2014
- [56] Laboratoire Central d'Hydraulique de France - Étude d'aménagement de la Loire dans la région Angevine – mars 1986

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

- [57] Laboratoire Central d'Hydraulique de France - Défense contre les inondations dans la région de Gien – décembre 1988
- [58] Minea – Étude Globale du Risque inondation sur l'Agglomération de Nevers – avril 2014
- [59] SAFEGE - Étude de dangers du système d'endiguement du val d'Ardoux - février 2015
- [60] SOGREAH - Étude d'écoulement des crues entre le Bec d'Allier et Briare de Gien – décembre 1988
- [61] SOGREAH - Étude des vals de Bréhémont et du Vieux Cher – octobre 2009
- [62] SOGREAH – Aménagement d'ouvrage de sur-stockage. Étude de faisabilité sur le bassin versant de l'Araize – septembre 2010
- [63] Université François Rabelais de Tours - Quelle place pour les riverains dans la gestion des inondations de la Loire ? Les leçons du passé - octobre 2008

Établissement Public Loire

*Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes
d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA*

Annexe 2 : Glossaire des sigles employés

(1 page)

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Glossaire des sigles employés :

- **3P** : Prévision, Prévention et Protection
- **ACB** : Analyse Coût/Bénéfice
- **AMC** : Analyse Multi-Critères
- **AZI** : Atlas des Zones Inondables
- **BD Carthage** : Base de Données sur la CARTographie THématique des AGences de l'eau et du ministère chargé de l'environnement
- **BD LISA** : Base de Données sur les LImites des Systèmes Aquifères
- **DREAL** : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
- **ECRIVAL** : Étude Concertée face au Risque Inondation dans les vals de l'Orléanais
- **EDD** : Étude de dangers
- **EGRIAN** : Étude Global du Risque Inondation sur l'Agglomération de Nevers
- **EPALA** : Établissement Public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents
- **EP Loire** : Établissement public Loire
- **FEDER** : Fonds Européen de Développement Économique Régional
- **ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
- **IGN** : Institut national de l'information géographique et forestière (anciennement « Institut Géographique National »)
- **INSEE** : Institut National de la Statistique et des Études Économiques
- **PAPILA** : Programme d'Actions de Prévention des Inondations Loire Amont
- **PGRI** : Plan de Gestion des Risques d'Inondation
- **PHEC** : Plus Hautes Eaux Connues
- **PLU** : Plan Local d'Urbanisme
- **PPRI** : Plan de Prévention du Risque Inondation
- **SAGE** : Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- **SDAGE** : Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- **SIG** : Système d'Information Géographique
- **TPI** : Indices Topographiques de Position
- **TRI** : Territoires à Risques Important d'Inondation
- **ZEC** : Zone d'Expansion des Crues
- **ZI** : Zone Inondable

Annexe 3 : Nomenclature de la base de données Corine Land Cover

(1 page)

CORINE Land Cover (CLC) : nomenclature standard

Le programme CORINE Land Cover repose sur une nomenclature standard hiérarchisée en 3 niveaux. Elle comprend 44 postes répartis selon 5 grands types d'occupation du territoire :

- territoires artificialisés,
- territoires agricoles,
- forêts et milieux semi-naturels,
- zones humides,
- surfaces en eau.

1. Territoires artificialisés

11. Zones urbanisées

111. Tissu urbain continu

Espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes occupent la quasi-totalité du sol. Plus de 80 % de la surface est imperméable. La végétation non linéaire et le sol nu sont exceptionnels.

112. Tissu urbain discontinu

Espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes coexistent avec des surfaces végétalisées et du sol nu, qui occupent de manière discontinue des surfaces non négligeables. Entre 30 et 80 % de la surface est imperméable.

12. Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

121. Zones industrielles ou commerciales et installations publiques

Zones bâties et recouvertes artificiellement (zones cimentées, goudronnées, asphaltées ou stabilisées : terre battue, par exemple). Ces zones peuvent comprendre aussi de la végétation ou d'autres surfaces non imperméabilisées. Elles servent à une utilisation industrielle ou commerciale, ou bien à des équipements de service public.

122. Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés

Autoroutes, voies ferrées, y compris les surfaces annexes (gares, quais, remblais, végétation de moins de 100 m de large). Largeur minimale prise en compte : 100 m.

123. Zones portuaires

Infrastructures des zones portuaires, y compris les quais, les chantiers navals et les ports de plaisance.

124. Aéroports

Infrastructures des aéroports : pistes, bâtiments et surfaces associées. Tous les équipements au sol qui servent au transport aérien.

1.3. Mines, décharges et chantiers

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

131. Extraction de matériaux

Extraction à ciel ouvert de matériaux de construction (sablères, carrières) ou d'autres matériaux (mines à ciel ouvert). Y compris gravières sous eau, à l'exception toutefois des extractions dans le lit des rivières.

132. Décharges

Décharges et dépôts des mines, des industries ou des collectivités publiques.

133. Chantiers

Espaces en construction, excavations et sols remaniés.

14. Espaces verts artificialisés, non agricoles**141. Espaces verts urbains**

Espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain, généralement à but récréatif ou ornemental et accessibles au public. Y compris parcs urbains et cimetières avec végétation.

142. Équipements sportifs et de loisirs

Infrastructures des terrains de camping, des terrains de sport, des parcs de loisirs, des golfs, des hippodromes, etc. Y compris les parcs aménagés non inclus dans le tissu urbain.

2. Territoires agricoles**21. Terres arables****211. Terres arables hors périmètres d'irrigation**

Cultures annuelles pluviales, y compris les jachères, incluses dans un système de rotation. Y compris les cultures irriguées occasionnellement par aspersion, sans équipement permanent.

212. Périmètres irrigués en permanence

Cultures irriguées en permanence ou périodiquement, grâce à une infrastructure permanente (canal d'irrigation, réseau de drainage et autres installations). Une grande partie de ces cultures ne pourrait pas être cultivée sans l'apport artificiel d'eau. Non compris les surfaces irriguées occasionnellement.

213. Rizières

Surfaces aménagées pour la culture du riz. Terrains plats avec canaux d'irrigation. Surfaces régulièrement recouvertes d'eau.

22. Cultures permanentes**221. Vignobles**

Surfaces plantées de vignes.

222. Vergers et petits fruits

Parcelles plantées d'arbres fruitiers ou d'arbustes fruitiers : cultures pures ou mélanges d'espèces fruitières, arbres fruitiers en association avec des surfaces toujours en herbe. Y compris les châtaigneraies et les noiseraies.

223. Oliveraies

Surfaces plantées d'oliviers, y compris oliviers et vignes sur la même parcelle.

23. Prairies

231. Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole

Surfaces enherbées denses de composition floristique constituée principalement de graminées, non incluses dans un assolement. Principalement pâturées, mais dont le fourrage peut être récolté mécaniquement. Y compris des zones avec haies (bocages).

24. Zones agricoles hétérogènes

241. Cultures annuelles associées à des cultures permanentes

Cultures temporaires en association avec des cultures permanentes sur les mêmes parcelles.

242. Systèmes cultureux et parcellaires complexes

Mosaïque de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et/ou de cultures permanentes complexes, avec éventuellement des maisons et jardins épars.

243. Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des zones naturelles ou semi-naturelles (y compris des zones humides, des plans d'eau ou des affleurements rocheux).

244. Territoires agroforestiers

Cultures annuelles ou pâturages sous couvert arboré composé d'espèces forestières.

3. Forêts et milieux semi-naturels

31. Forêts

311. Forêts de feuillus

Formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes en sous-étage, où dominent les espèces forestières feuillues.

312. Forêts de conifères

Formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes en sous-étage, où dominent les espèces forestières de conifères.

313. Forêts mélangées

Formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes en sous-étage, où ni les feuillus ni les conifères ne dominent.

32. Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée

321. Pelouses et pâturages naturels

Établissement Public Loire

Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues - Rapport A87639/vA

Herbages de faible productivité, non soumis ou peu soumis à l'influence de l'homme. Souvent situés dans des zones accidentées. Comportent fréquemment des surfaces rocheuses ou des zones d'autre végétation (semi-) naturelle.

322. Landes et broussailles

Formations végétales basses et fermées, composées principalement de buissons, d'arbustes et de plantes herbacées (bruyères, ronces, genêts, ajoncs, cytises, etc.).

323. Végétation sclérophylle

Végétation arbustive persistante. Y compris maquis, matorrals et garrigues.

324. Forêt et végétation arbustive en mutation

Végétation arbustive et herbacée avec arbres épars. Formations pouvant résulter de la dégradation de la forêt ou d'une recolonisation/régénération de la forêt.

33. Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation**331. Plages, dunes et sable**

Étendues de sable, de galets et de graviers, du milieu littoral et continental, naturellement sans végétation, comme les plages, les dunes et les lits de graviers. Y compris les lits des rivières à régime torrentiel.

332. Roches nues

Éboulis, falaises, affleurements rocheux, y compris des zones d'érosion active, rochers et récifs situés au-dessus du niveau des hautes eaux, zones salées intérieures.

333. Végétation clairsemée

Zones à végétation clairsemée, couvrant de 10 à 50 % de la surface. Comprend les steppes, les toundras, les « badlands », les zones karstiques et la végétation éparse de haute altitude.

334. Zones incendiées

Zones affectées par des incendies récents, les matériaux carbonisés étant encore présents.

335. Glaciers et neiges éternelles

Surfaces couvertes par des glaciers ou des neiges éternelles.

4. Zones humides**41. Zones humides intérieures****411. Marais intérieurs**

Terres basses généralement inondées en hiver et plus ou moins saturées d'eau en toutes saisons.

412. Tourbières

Terrains spongieux humides dont le sol est constitué principalement de mousses et de matières végétales décomposées (principalement des sphaignes). Tourbières exploitées ou non.

42. Zones humides côtières

421. Marais maritimes

Terres basses avec végétation, situées au-dessus du niveau de marée haute, susceptibles d'être inondées par les eaux de mer. Souvent en voie de colmatage par des sédiments, colonisées petit à petit par des plantes halophiles (vivant en milieu salé).

422. Marais salants

Salines actives ou en voie d'abandon. Parties des marais maritimes mises en exploitation pour la production de sel par évaporation. Les marais salants se distinguent nettement du reste des marais par leurs parcelles d'exploitation et leur système de digues.

423. Zones intertidales

Zones côtières sous l'influence de la marée, régulièrement inondées par l'eau de mer 2 fois par jour. Étendues de vase, de sable ou de rochers, généralement sans végétation, comprises entre le niveau des hautes et des basses eaux.

5. Surfaces en eau**51. Eaux continentales****511. Cours et voies d'eau**

Cours d'eau naturels ou artificiels qui servent de chenal d'écoulement des eaux. Y compris les canaux. Largeur minimale de prise en compte : 100 m.

512. Plans d'eau

Étendues d'eau, naturelles ou artificielles, de plus de 25 hectares, couvertes d'eau stagnante la plus grande partie de l'année.

52. Eaux maritimes**521. Lagunes littorales**

Étendues d'eau salée ou saumâtre sans végétation, séparées de la mer par des avancées de terre ou autres topographies similaires. Ces surfaces en eau peuvent être connectées à la mer à certains endroits ponctuels, soit de façon permanente, soit de façon périodique à certains moments de l'année.

522. Estuaires

Parties terminales à l'embouchure des fleuves, subissant l'influence du flux et reflux des marées.

523. Mers et océans

Zones au-delà de la limite des plus basses marées.

Fiche signalétique

Rapport

Titre : Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues.

Numéro et indice de version : A87639 version A

Date d'envoi : Mars 2017

Nombre de pages : 69 (hors annexes)

Diffusion (nombre et destinataires) :

1 ex. Direction Régionale

Nombre d'annexes dans le texte : 3

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

1 ex. client informatique

Client

Coordonnées complètes : Etablissement public Loire
2, Quai du Fort Alleaume
CS 55708
45 057 ORLEANS Cedex

Téléphone : 02.46.47.03.18

Nom et fonction des interlocuteurs : Renaud COLIN, Directeur-adjoint du développement et de la gestion territorialisée

Antea Group

Unité réalisatrice : Pôle Eau – Direction Régionale Île-de-France Centre Normandie

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : Sylvain PALIX

Responsable du projet : Sylvain PALIX

Auteur(s) : Romain DE BORTOLI, Renaud MOUCHE, William HALBECQ

Secrétariat : Virginie PEIGNE

Qualité

Contrôlé par : Sylvain PALIX

Date : version A - Mars 2017

version 0.1 - Février 2017

N° du projet : CENP160481

Références et date de la commande : 20/07/2016

Mots clés : Étude, ZEC, Cartographie